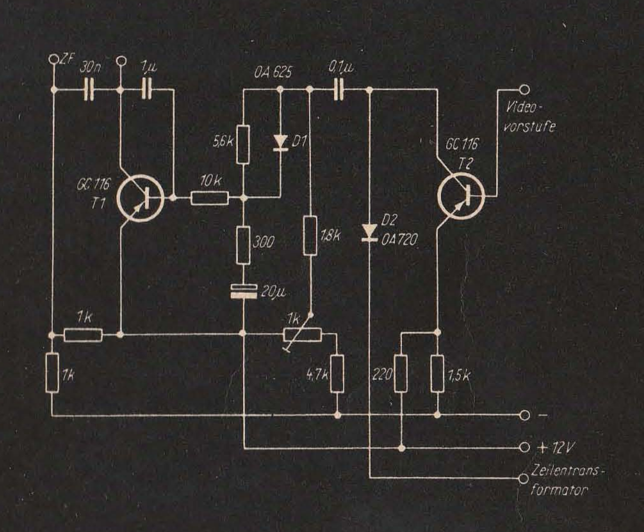
amateurreihe

electronica



Rolf Kruse

Transistorisierte Fernsehempfänger selbstgebaut

electronica · Band 98

Transistorisierte Fernsehempfänger, selbstgebaut

ROLF KRUSE

Transistorisierte Fernsehempfänger, selbstgebaut



DEUTSCHER MILITÄRVERLAG

Redaktionsschluß: 25. Mai 1970

1.–15. Tausend
Deutscher Militärverlag · Berlin 1970
Lizenz-Nr. 5
Lektor: Wolfgang Stammler
Zeichnungen: Erich Böhm
Vorauskorrektor: Ilse Fähndrich · Korrektor: Elfriede Sell
Typografie: Helmut Herrmann · Hersteller: Hannelore Münnich
Gesamtherstellung: Druckerei Märkische Volksstimme Potsdam, A 745
1,90

Vorwort

Diese Broschüre soll dem interessierten Amateur Hinweise und Anregungen geben beim Bau von halbleiterbestückten Fernsehempfängern. Da es auf diesem Gebiet fast keine geeignete Literatur gibt, will der Verfasser hiermit vielen Amateuren helfen, ihre Probleme zu lösen.

Es wurde versucht, ohne komplizierte theoretische Abhandlungen auszukommen. Jedoch sollte der Amateur vor dem Bau abwägen, ob seine Grundlagenkenntnisse der Fernsehtechnik und der Transistortechnik ausreichen, um dieses relativ kostspielige und zeitaufwendige Projekt zu verwirklichen. Darüber hinaus setzt der Aufbau eines solchen Fernsehempfängers voraus, daß der Amateur bereits praktische Erfahrungen bei der Fertigung elektronischer Geräte gesammelt hat.

Der Verfasser will dem Amateur keine fertige Bauanleitung in Form eines „Kochrezepts" in die Hand geben, sondern durch den stufenweisen Aufbau soll er die Möglichkeit erhalten, nach eigenem Entwurf ein Gerät aufzubauen. Für die jeweilige Baugruppe werden mehrere Varianten zur Auswahl angeboten; es wird also nicht streng nach dem Baukastensystem verfahren. Natürlich lassen sich die einzelnen Baugruppen auch für ein röhrenbestücktes Gerät verwenden.

Die einwandfreie Inbetriebnahme transistorisierter Geräte stellt einige Anforderungen an Meßgerätepark und Können des Amateurs. Zum Beispiel ist für den Abgleich eines Bild-ZF-Verstärkers unbedingt ein guter Prüfgenerator erforderlich, besser noch wäre ein Wobbelgenerator. Genauso verhält es sich mit den Kippstufen; sie lassen sich nur mit einem Oszillografen auf richtige Impulsform bringen.
Trotz der in den folgenden Abschnitten beschriebenen, nicht immer leicht zu lösenden Probleme möchte ich allen Amateuren, die sich an dieses schwierige Projekt heranwagen, vollen Erfolg wünschen.

Berlin, im März 1970 *Rolf Kruse*

Literaturhinweise

[1] *Ziegler, H.:* Kofferfernsehempfänger „mini 9", *radio und fernsehen* 24/1967, S. 751
[2] *Pratsch, D./Welzel, H. J.:* TV-Kofferempfänger „Staßfurt K 67", *radio und fernsehen* 14/1967, S. 419
[3] *Anders, R.:* Kofferfernsehempfänger „K 67", *Funkamateur* 8/1967, S. 389
[4] *Kruse, R.:* Kann man ein volltransistorisiertes Fernsehgerät selbst bauen? *Funkamateur* 11/1967, S. 526
[5] –: Televisor „Turist", *radio* 11/1967, S. 21
[6] *Kruse, R.:* Transistorisierter Balkengenerator *Funkamateur* 7/1966, S. 322
[7] *Kronjäger, O.:* Formelsammlung für den Funkamateur III, *Reihe Der praktische Funkamateur,* Band 68
[8] *Heine, R.:* Eine Methode zur Herstellung von gedruckten Schaltungen für Labor und Einzelanfertigung, *radio und fernsehen* 23/1963, S. 725
[9] –: Valvo, Technische Informationen für die Industrie, TI 76

Weitere Literaturhinweise

Glier, H.: Bauanleitung für einen transistorisierten VHF-Tuner, *Funkamateur* 11/1969, S. 7
Gross, I.: Breitbandiger Bildverstärker mit Transistoren, *radio und fernsehen* 20/1963, S. 752
Herzer, R.: Einige Schaltungsbeispiele für die Arbeitspunkteinstellung bei Transistoren, *Funktechnik* 4/1965, S. 137
Huhn, D.: Ein eisenloser 2,5-W-Universalbaustein, *radio und fernsehen* 11/1967, S. 345
Huhn, D.: Ein transistorisierter Amplitudensieb- und Vertikalablenkbaustein, *radio und fernsehen* 13/1967, S. 405

1. Allgemeines

Seit einigen Jahren sind in der DDR transistorisierte Fernsehgeräte erhältlich. Das Gerät *Mini 9* aus Japan [1] ist mit 26 Transistoren, 20 Dioden und einer 23-cm-Bildröhre bestückt. Des weiteren baut der VEB *Fernsehgerätewerke* Staßfurt den Kofferempfänger *K 67*. Er enthält 28 Transistoren, 13 Germaniumdioden, 2 Zenerdioden und 4 Selengleichrichter. Als Bildröhre ist eine implosionsgeschützte 28-cm-Rechteckröhre *(A 28 – 13 W)* eingesetzt. Der Empfänger kann am Wechselstromnetz oder mit einer Batterie von 12 V betrieben werden. Die Leistungsaufnahme bei Batteriebetrieb beträgt etwa 13 W. Damit wird eine Betriebszeit des Geräts von etwa 5 Stunden mit einer Batterieladung erzielt. Der Empfänger ist mit einer eingebauten, abstimmbaren Teleskopantenne und einem Anschluß für eine Außenantenne ausgerüstet. Auf 2 Leiterplatten befinden sich bis auf Tuner, Netzteil, Zeilen- und Vertikalendstufe sämtliche anderen Baustufen. Die Leiterplatten sind innerhalb des Geräteaufbaus steck- und schwenkbar angebracht. Eine ausführliche Beschreibung findet der Leser in [2] und [3].
Angeregt durch diese beiden Geräte, möchte mancher Amateur gern selbst einige Baustufen oder ein volltransistorisiertes Gerät aufbauen. Da es aber auf diesem relativ neuen Gebiet fast keine amateurgerechten Unterlagen gibt, soll die folgende Beschreibung zu eigenen Konstruktionen anregen. Zur Einführung werden einige Hinweise gegeben, die jeder Amateur beim Aufbau eines transistorisierten Fernsehempfängers beachten muß. Auch den Verfasser hat diese Schaltung einige Transistoren gekostet, die an Überlastung oder Impulsspannungsspitzen „gestorben" sind.

1.1. Prinzipschaltung eines transistorisierten Fernsehgeräts

In [4] wird ein transistorisiertes Fernsehgerät im Prinzip beschrieben und für jede Stufe die Nachbaumöglichkeit vorgestellt. Diese Schaltung ist verbessert worden. Da die Halbleiterbauelemente laufend weiterentwickelt werden, wird eine neue Prinzipschaltung (Bild 1.1) vorgestellt. Angeführt werden nur die Veränderungen, die sich von der ersten Schaltung her ergeben.

Für den VHF-Kanalwähler steht jetzt der Typ *GF 146* $f_T = 250$ MHz, zur Verfügung; er entspricht etwa dem Typ *AF 106*, der im VHF-Tuner des *K 67* vom VEB *Fernsehgerätewerke* Staßfurt verwendet wird.

Für die Videoendstufe werden die Siliziumtransistoren vom VEB *Halbleiterwerk* Frankfurt (Oder) eingesetzt, die sich gut bewährt haben.

Siliziumtransistoren lassen sich auch gut für die Vertikal-

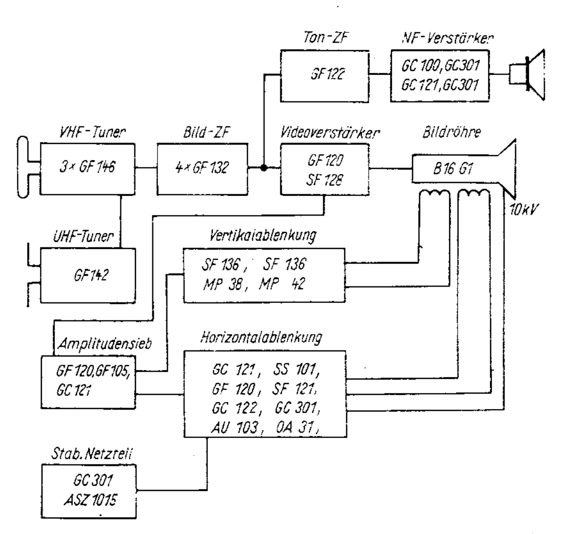


Bild 1.1 Übersichtsschaltplan eines transistorisierten Fernsehempfängers

ablenkung verwenden. Wie Bild 1.1 zeigt, werden in dieser Schaltung 2 *SF 136* und 1 sowjetisches Komplementärpaar *(MП 38, MП 42)* – 2 Germaniumtransistoren – benutzt. Die Siliziumtransistoren in den Vorstufen der Vertikalablenkung garantieren eine gute Stabilität der Bildhöhe, was bis jetzt oft ein Mangel transistorisierter Fernsehgeräte war. Das Amplitudensieb ist wieder 3stufig aufgebaut, allerdings wird kein npn-Transistor mehr verwendet. Die 3 Typen *GF 120, GF 105* und *GC 121* vom VEB *Halbleiterwerk* Frankfurt (Oder) gewährleisten eine einwandfreie Synchronisation. Will man das Amplitudensieb noch vereinfachen, dann kann man es mit einem Transistor nach einem Vorschlag aus der sowjetischen Zeitschrift *Radio* [5] aufbauen.
Da sich die Horizontalablenkung am schwierigsten beherrschen läßt, wurde sie um 3 Transistoren erweitert, Der Phasenvergleich ist mit 2 Germaniumtransistoren und 1 Siliziumtransistor aufgebaut. Es folgt der Horizontaloszillator mit dem Siliziumtransistor *SF 121*, ihm folgen 2 Treiberstufen, über Ferritschalenkerne gekoppelt, die dann die Endstufe mit dem Transistor *AU 103* ansteuern.
Weiterhin wurde ein einfacher UHF-Konverter mit in diese Beschreibung aufgenommen. Er ist mit dem *GF 145* aufgebaut und erlaubt den einwandfreien Empfang des II. Programms des *Deutschen Fernsehfunks.*

1.2. Notwendige Meßgeräte

Ein transistorisiertes Fernsehgerät läßt sich nur mit einem bestimmten Aufwand an Meßmitteln zur einwandfreien Funktion bringen. Neben dem Vielfachmeßinstrument benötigt man noch für die Impulsstufen einen Oszillografen, und die selbstgebauten HF-Stufen sind nur mit einem Prüfgenerator abzugleichen. Ein Grid-Dip-Meter reicht in diesem Fall nicht mehr aus. Sehr nützlich ist auch noch ein Bildmuster- bzw. Balkengenerator.
Einen mit 6 Transistoren aufgebauten Balkengenerator findet der Leser in der Zeitschrift FUNKAMATEUR [6].

Es soll an dieser Stelle besonders darauf hingewiesen werden, daß der Amateur beim Aufbau seines Fernsehempfängers die bestehenden Gesetze und Verordnungen (z. B. TGL-Vorschriften, Funk-Entstörordnung usw.) beachten muß.

1.3. Arbeitspunkteinstellung bei Transistorstufen

Wenn man eine transistorisierte Verstärkerstufe aufbaut, bei der die erreichte Leistung nicht der erwarteten entspricht, so muß man überprüfen, ob der Transistor optimal arbeitet. Ist das nicht der Fall, dann wurde der Arbeitspunkt des Transistors nicht optimal eingestellt. Infolge der relativ großen Exemplarstreuungen bei Transistoren läßt sich ein einmal festgelegter Arbeitspunkt bei einem Exemplar gleichen Typs nicht einfach reproduzieren. Da der Amateur aber gerade den zur Verfügung stehenden Transistor optimal arbeiten lassen will, hilft nur ein experimentelles Ausprobieren des Arbeitspunkts. Dabei besteht leicht die Gefahr der Überlastung des Transistors.

2. VHF-Kanalwähler

Eine wichtige Baustufe im Fernsehempfänger ist der Kanalwähler. Sein Rauschverhalten bestimmt, ob man einen Sender noch einwandfrei empfangen kann oder nicht. Da ein transistorisiertes Fernsehgerät als Kofferempfänger zu betrachten ist, muß man mit entsprechend geringer Eingangsspannung rechnen. Koffergeräte werden fast immer an Hilfsantennen betrieben, die meist auch noch nahe der Erde liegen.
Verstärkung und Rauschverhalten eines transistorisierten Kanalwählers werden durch die verwendeten Transistoren bestimmt. Am besten läßt sich der vom VEB *Halbleiterwerk* Frankfurt (Oder) für Kanalwähler entwickelte Transistor *GF 146* einsetzen. Ebensogut können die entsprechenden Importtransistoren *AF 102, AF 106, AF 121, AF 139* und *AF 239* verwendet werden. Stehen aber nur die UKW-Transistoren der *GF 132*-Reihe zur Verfügung, so sind einige Einschränkungen erforderlich. Bei einigermaßen günstiger Empfangslage kann man vor allem in den tieferen Frequenzen des VHF-Bandes III noch zufriedenstellende Ergebnisse erzielen.
Kanalwähler enthalten in der Regel eine Vorstufe, eine Mischstufe und eine Oszillatorstufe. Es wird im folgenden ein Sonderfall beschrieben, wobei der Kanalwähler aus Vorstufe und selbstschwingender Mischstufe besteht. Bei dieser Bauform treten aber sehr leicht Frequenzänderungen des Oszillators auf, da eine selbstschwingende Mischstufe schwerer konstant zu halten ist; es wird jedoch 1 Transistor eingespart. Auch läßt sich sehr gut der Kanalwähler des Kofferempfängers *K67* vom VEB *Fernsehgerätewerke* Staßfurt verwenden. Er ist mit den Transistoren *AF 139* in der Vorstufe sowie je einem *AF 106* in der Misch- und Oszillatorstufe bestückt.

2.1. Kanalwähler mit 2 Transistoren

Im allgemeinen werden Kanalwähler mit 3 Transistoren aufgebaut. In der beschriebenen Schaltung werden aber nur 2 Transistoren verwendet. T1 arbeitet als Vorstufe, T2 als Misch- und Oszillatorstufe. Die Feinabstimmung erfolgt mit einer Kapazitätsdiode D, deren Spannung mit Hilfe einer Silizium-Z-Diode stabilisiert wird. Der Kanalwähler ist nur für den Empfang des Kanals 5 vorgesehen.

Die Schaltung – Die HF-Vorstufe ist als Breitbandverstärker aufgebaut, für den Transistor T1 wird ein *GF 146* benutzt. Diese Schaltung hat den Vorteil, daß sowohl eine unsymmetrische 60-Ω-Antennenableitung als auch eine symmetrische 240-Ω-Antennenableitung angeschlossen werden kann. Über einen Kondensator von 50 pF gelangt die HF-Spannung an den Emitter von T1. Der Kollektorstrom von T1 beträgt etwa 1,5 mA. Die Basis von T1 ist durch einen Kondensator von 1,5 nF kapazitiv an den Spannungsnullpunkt gelegt. Im Kollektorkreis von T1 liegt das Zwischenkreisbandfilter. Die Misch- und Oszillatorstufe T2 ist in Basisschaltung aufgebaut. Für T2 wird ein *GF 132* benutzt. Er arbeitet mit einem Kollektorstrom von 1 mA. Die Oszillatorrückkopplung erfolgt über einen Kondensator von 2 pF, der zwischen Emitter und Kollektor liegt. Der Basiskondensator von 1,5 nF muß sehr kurz angeschlossen werden, sonst können leicht wilde Schwingungen auftreten. Die Mischung erfolgt additiv durch den Transistor T2. Der Oszillatorspannungsbedarf am Emitter von T2 liegt bei etwa 200 mV. Die Feinabstimmung des Oszillators erfolgt durch die Kapazitätsdiode D1. Bei einer Serienkapazität von 7 pF ergibt sich mit der gezeigten Schaltung ein Abstimmhub von etwa 4 MHz. Die Z-Diode D2 stabilisiert die Nachstimmspannung; dadurch wird ein „Weglaufen" der Oszillatorfrequenz verhindert.

Eine Regelung der Vorstufe erfolgt nicht. Ein zu starkes Antennensignal läßt sich durch Dämpfungsglieder abschwächen.

Der Aufbau – Um den Aufbau zu erleichtern, wird auf eine

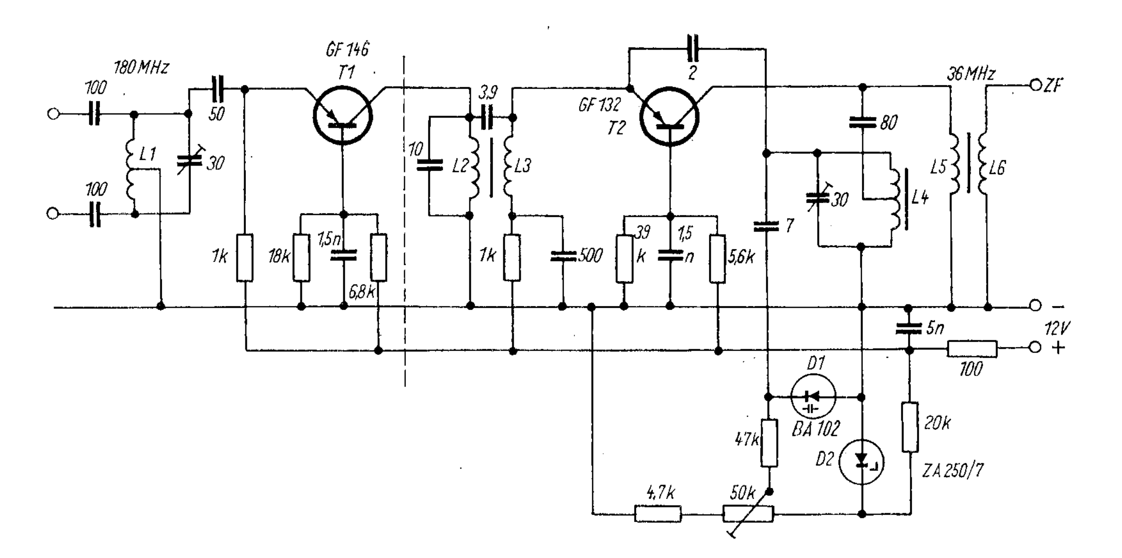


Bild 2.1 VHF-Tuner mit 2 Transistoren; für T2 verwendet man besser den *GF 146*

Kanalumschaltung verzichtet. Das Muster wurde auf einer Grundplatte aus kupferkaschiertem Halbzeug in konventioneller Verdrahtungstechnik aufgebaut. Die Vorstufe mit T1 wird durch eine Abschirmwand von der Misch- und Oszillatorstufe getrennt. Die Spulenkörper weisen einen Durchmesser von 7 mm auf und sind mit einer Schraube auf der Grundplatte befestigt.

Spulendaten für Kanal 5

L1 – 4 Wdg., 0,5-mm-CuL
L2 – 3 Wdg., 1,0-mm-CuL
L3 – 7 Wdg., 0,5-mm-CuL
L4 – 3 Wdg., 0,5-mm-CuL
L5 – 12 Wdg., 0,3-mm-CuL
L6 – 4 Wdg., 0,3-mm-CuL

Schwingt die Mischstufe „wild", so kann der Basiskondensator von T2 bis auf 50 pF verkleinert werden. Oft schafft auch ein Kondensator vom Emitter gegen Masse in der Größe von etwa 1 bis 60 pF Abhilfe.
Schwingt der Oszillator nicht, so wird der Kondensator von 2 pF zwischen Emitter und Kollektor von T2 vergrößert. Bei Schwingneigung in der Vorstufe hilft eine Verkleinerung des Basiskondensators. Das Potentiometer für die Feinabstimmung mit Hilfe der Kapazitätsdiode wird an der Frontplatte befestigt. Soll keine Kapazitätsdiode verwendet werden, so läßt sich der Oszillator auch mechanisch durch einen kleinen Drehkondensator (Trimmer) oder durch einen veränderlichen Abgleichkern abstimmbar auslegen.

2.2. VHF-Kanalwähler mit *GF 146*

Über eine Stabantenne gelangt das HF-Signal nach entsprechender Filterung an die Basis von T1. Um Übersteuerungen zu vermeiden, kann das Antennensignal durch den Eingangsspannungsteiler im Antenneneingang um den Wert 1 : 10 herabgesetzt werden. Über den Basisspannungsteiler

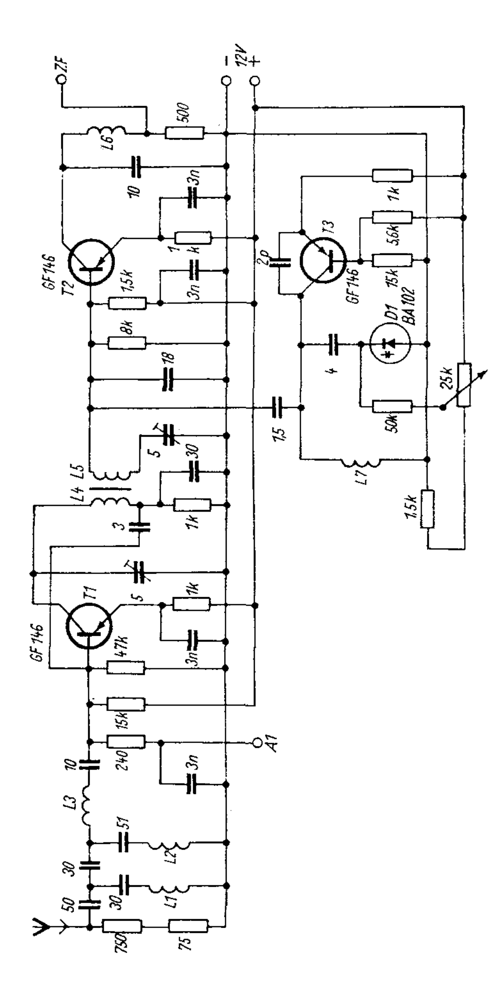


Bild 2.2 VHF-Tuner, der gut als Trommelkanalwähler aufgebaut werden kann

ist der Transistor T1 auf eine feste Vorspannung eingestellt. Weiterhin kann man noch über einen Widerstand der Basis von T1 eine Regelspannung zuführen, um Übersteuerungen zu vermeiden. Zwischen der Vorstufe und der Mischstufe liegt ein induktiv gekoppeltes Bandfilter. Die Basisvorspannung ist bei T2 fest eingestellt. Im Kollektorkreis befindet sich ein Schwingkreis, an dem die ZF ausgekoppelt wird.
Der Oszillator schwingt in Basisschaltung. Die auf diese Weise gewonnene Oszillatorspannung wird über einen Kondensator von 1,5 bis 2 pF dem Mischtransistor an der Basis zugeführt. Parallel zum Oszillatorschwingkreis liegt eine Regelanordnung mit der Siliziumkapazitätsdiode D1. Mit der Diode D1 in Serie liegt ein Kondensator von 4 pF. Die Größe dieses Kondensators bestimmt den Regelumfang der Feinabstimmung. Mit dem Wert von 4 pF erfaßt man etwa 2 Kanäle. Die Regelung erfolgt mit einem Potentiometer von 25 kΩ. Da die Leitungslänge zum Potentiometer unkritisch ist, kann es an der Frontplatte angeordnet werden.
Die Betriebsspannung beträgt 12 V.

Verwendete Transistoren – Für T1 bis T3 sind alle Transistoren brauchbar, die eine Grenzfrequenz f_T von etwa 260 MHz haben. Aus der DDR-Produktion ist dafür der Transistor *GF 146* vorgesehen. Weiterhin kann man folgende Typen verwenden:
GF 142 – f_T = 300 MHz,
П 411 – f_T = 400 MHz,
ПТ 313 – f_T = 300 MHz,
AF 102 – f_T = 180 MHz,
AF 106 – f_T = 260 MHz,
AF 121 – f_T = 270 MHz.
Für die Diode D1 wurde eine Siliziumkapazitätsdiode *BA 102* eingesetzt. Ebenso läßt sich auch die Diode *OA 910* bzw. der sowjetische Typ *Д 902* verwenden. Wer keine spezielle Kapazitätsdiode besitzt, kann eine übliche Siliziumdiode einsetzen; denn auch mit üblichen Dioden erhält

man häufig einen brauchbaren Regelbereich. Eventuell muß man aus mehreren Dioden eine brauchbare aussuchen.

Der Aufbau – Zum Aufbau kann ein ausgebauter Trommelkanalwähler verwendet werden, wobei die Schaltungsordnung etwa so wie bei der Röhrenbestückung erfolgt. Die Vorstufe T1 wird in der 1. Kammer des Kanalwählers eingebaut. Von den 4 Schaltkontakten werden nur 2 benutzt. Die 2. Kammer ist für die Misch- und Oszillatorstufe vorgesehen, in diesem Fall sind 6 Schaltkontakte erforderlich. Da das Bewickeln der Kanalwählerschaltstreifen nicht einfach ist, sollte man sich nur den Streifen für den am Wohnort zu empfangenden Sender herstellen.

Spulendaten

Kanal	Vorkreis		Bandfilter		Bandfilter		Oszillator	
	Wdg. CuL Durchmesser in mm		Kollektorkreis Wdg. CuL Durchmesser in mm		Basiskreis Wdg. CuL Durchmesser in mm		Wdg. CuL Durchmesser in mm	
2	22	0,12	26	0,12	28	0,12	15	0,12
3	18	0,12	21	0,12	23	0,12	11	0,2
4	13	0,12	19	0,12	21	0,12	9	0,2
5	10	0,12	11	0,12	14	0,12	7	0,2
6	9	0,3	7	0,3	7	0,3	5	0,5
7	9	0,3	7	0,3	7	0,3	5	0,5
8	8	0,3	6	0,3	6	0,3	4	0,5
9	8	0,3	5	0,3	5	0,3	4	0,5
10	7	0 3	3	0,5	3	0,5	3	0,5
11	5	0,5	4	0,3	4	0,3	3	0,5
12	6	0,3	3	0,3	4	0,3	3	0,5

2.3. Kanalwähler mit UKW-Transistoren

Auch mit üblichen UKW-Transistoren ist es möglich, VHF-Eingangsschaltungen aufzubauen. Wenn man die Schaltung nach Bild 2.1 mit einem getrennten Oszillator versieht, lassen sich für diese UKW-Transistoren einsetzen. Das

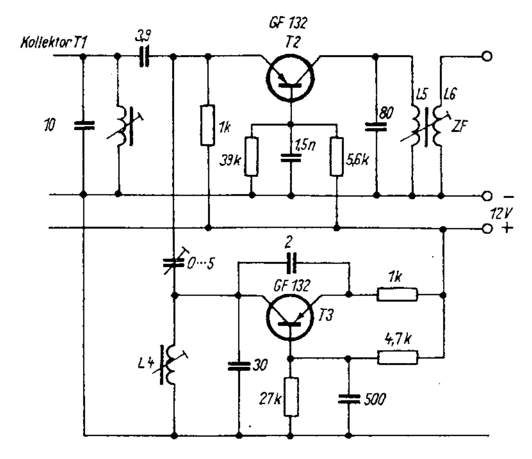


Bild 2.3 Misch- und Oszillatorstufe eines VHF-Tuners, der mit dem UKW-Transistor *GF 132* aufgebaut wurde; die Vorstufe entspricht Bild 2.1

Mustergerät wurde mit 3 Transistoren vom Typ *GF 132* aufgebaut. Es kann notwendig sein, daß man aus mehreren Transistoren die besten heraussuchen muß, da auch gleiche Typen eine exemplarabhängige unterschiedliche Grenzfrequenz haben. Bild 2.3 zeigt den Stromlaufplan der Misch- und Oszillatorstufe. Die Vorstufe entspricht der in Bild 2.1 dargestellten.

Die Mischstufe mit dem Transistor *GF 132* ist in Basisschaltung aufgebaut. Die Oszillatorspannung wird mit dem Transistor *GF 132* erzeugt und über einen Kondensator von 1 bis 5 pF dem Emitter der Mischstufe zugeführt.

Verwendbare Transistoren – Außer dem im Mustergerät verwendeten Transistor wurde noch der sowjetische Typ *П 403* (f_T = 120 MHz) erprobt; auch er brachte gute Ergebnisse. Wenn der Oszillator nicht anschwingt, kann man den Rückkoppelkondensator von 2 pF verändern.

Weitere Typen sind: *AF 114, AF 115, AF 124, AF 125.*

Der Aufbau erfolgte nur für den Kanal 5. Die Feinabstimmung kann (s. Bild 2.1) mit Hilfe einer Kapazitätsdiode erfolgen. Die Schwingkreise werden auf 7-mm-Spulenkörper mit folgenden Daten gewickelt:

L2 – 3 Wdg., 0,5-mm-CuL
L4 – 3 Wdg., 0,5-mm-CuL
L5 – 12 Wdg., 0,5-mm-CuL
L6 – 4 Wdg., 0,3-mm-CuL

2.4. Kanalwähler mit Abstimmdioden

Zur Abstimmung des VHF-Bandes verwendet man immer häufiger Kapazitätsdioden. Der Vorteil dieses Abstimmprinzips ist, daß zum Abstimmen keine beweglichen HF-Kontakte benötigt werden. Dadurch erhöht sich wesentlich die Betriebssicherheit. Für die automatische Scharfabstimmung von Fernsehempfängern im VHF-Bereich sind die Typen *OA 910* und *SA 128* (Siliziumflächendioden in Allglasausführung) vorgesehen. Zum Abstimmen eines VHF-Tuners werden 3 Dioden verwendet, 2 im VHF-Bandfilter zwischen Vor- und Mischstufe und 1 im Oszillator.

Die Schaltung – Bild 2.4 zeigt den Stromlaufplan des Tuners, der sich mit Ausnahme der Abstimmelemente und des breitbandigen Eingangsfilters mit bisherigen Schaltungskonzepten vergleichen läßt.
Im Eingang der Vorstufe liegt ein breitbandiges Filter, das aus ökonomischen Gründen einem selektiven abstimmbaren Vorkreis allgemein vorgezogen wird. Man erreicht damit ein niedriges Vorstufenrauschen und eine gute Weitabselektion. Nachteilig sind dabei die schwieriger zu beherrschende Eingangsspannung und die größere Kreuzmodulationsempfindlichkeit, die sich allerdings nur dann auswirkt, wenn noch ein zweiter stärkerer FS-Sender im gleichen Band empfangen werden kann. An den Kollektorkreis des Vorstufentransistors T1 (einen *GF 146*) ist das durchstimmbare VHF-Bandfilter angeschlossen.

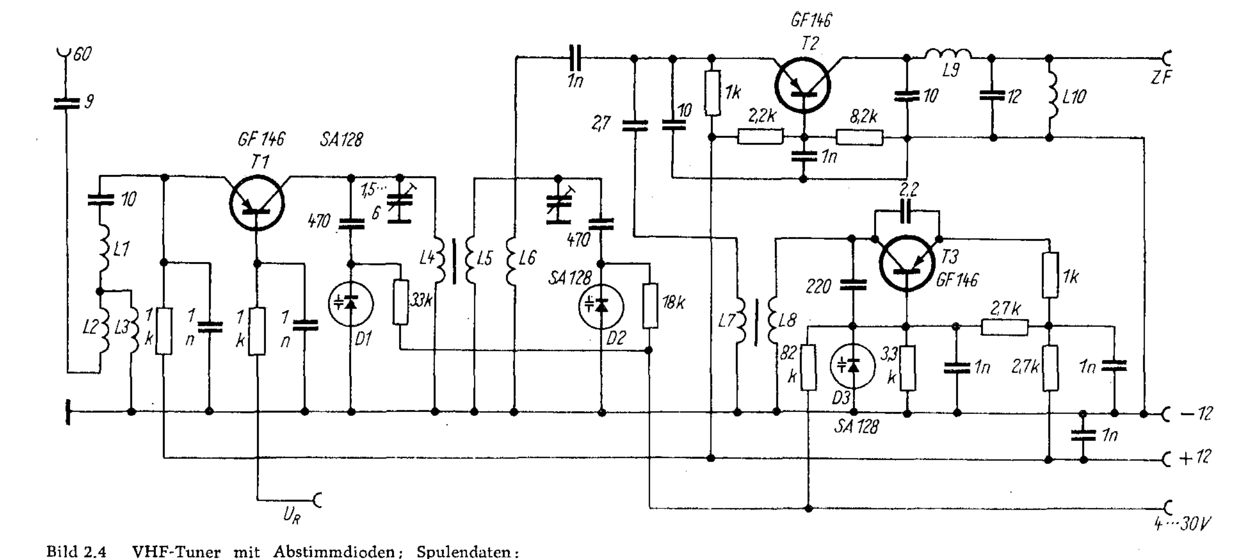


Bild 2.4 VHF-Tuner mit Abstimmdioden; Spulendaten:
L1 = 3 Wdg., 0,35-mm-CuL, L2 = 3 Wdg., 0,35-mm-CuL, L3 = 3 Wdg., 0,35-mm-CuL, L4 = 2,5 Wdg., 0,75-mm-CuL, L5 = 2,5 Wdg., 0,5-mm-CuL, L6 = 1,5 Wdg., 0,35-mm-CuL, L7 = 1 Wdg., 0,5-mm-CuL, L8 = 2 Wdg., 0,75-mm-CuL, L9 = 12 Wdg., 0,35-mm-CuL, L10 = 30 Wdg., 0,15-mm-CuL, Spulendurchmesser 4 bis 5 mm

Die Ankopplung der Mischstufe erfolgt über die Koppelspule L6. Im Ausgang liegt der Primärkreis des ZF-Filters. Die Speisespannung wird dem Kollektor über eine Drossel von 8 μH zugeführt. Als Mischtransistor T2 verwendet man einen *GF 146*.
Der Oszillator ist kapazitiv rückgekoppelt. Über einen Kondensator von 2,7 pF wird die HF-Spannung an den Emitter der Mischstufe gelegt. Die am Oszillatorschwingkreis und damit an der Abstimmdiode liegende HF-Spannung ist niedriggehalten, um Gleichlaufstörungen bei den kleinen Abstimmspannungen zu vermeiden. Für den Oszillatortransistor T3 wird ebenfalls ein *GF 146* benutzt. Die Betriebsspannung beträgt 12 V. Der Arbeitspunkt der Vorstufe liegt im ungeregelten Zustand bei etwa 3,7 mA, der der Mischstufe und des Oszillators bei 2 mA. Die Einstellspannung für die Kapazitätsdioden D1 bis D3 beträgt 4 bis 30 V.

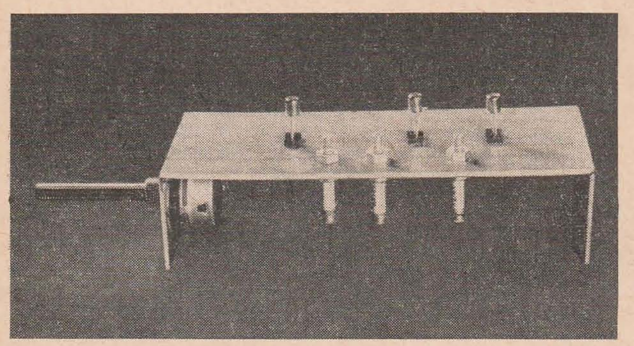


Bild 2.5 VHF-Tuner mit 3 Transistoren *GF 146*; das Tunergehäuse ist aus kupferkaschiertem Halbzeug aufgebaut

Diese Spannung wird am Zeilentransformator gewonnen, und nach entsprechender Gleichrichtung und Siebung erfolgt eine Stabilisierung, damit eine gute Frequenzkonstanz erreicht wird.
Der Aufbau – Da ein elektronisch abstimmbarer Kanalwähler keine großen mechanischen Aufbauten benötigt,

kann man ihn in ein kleines Gehäuse aus kupferkaschiertem Halbzeug einbauen. An der oberen Seite sind kleine Transistorsockel eingesetzt, damit sich die Transistoren austauschen lassen. Das Potentiometer für die Abstimmung befestigt man an der Frontplatte des Empfängers. Die Betriebsspannung wird über Durchführungskondensatoren zugeführt. Als Trimmer werden keramische Rohrtrimmer mit dem Wert 0,6 bis 4,5 pF verwendet. Die Abstimmdioden müssen auf etwa gleiche Werte ausgesucht sein, damit die Gleichlaufabweichungen klein bleiben.

3. UHF-Konverter

Im folgenden soll eine einfache UHF-Konverterlösung beschrieben werden.

3.1. Transistoren für UHF

Für Frequenzen über 250 MHz stehen aus der DDR-Produktion die Transistoren *GF 145* und *GF 147* zur Verfügung. Diese Typen arbeiten bis 800 MHz; da der Oszillator aber nur bis etwa 500 MHz schwingen muß, kann man für ihn auch ausgesuchte Exemplare der Typen *GF 141···GF 143* oder *GF 146* verwenden. Von den Importtransistoren lassen sich noch die Typen *ГТ 313*, *П 411*, *GF 505*, *GF 507*, *AF 121*, *AF 139*, *AF 239* und *AF 515* einsetzen.

3.2. UHF-Konverterschaltung

Die Schaltung (Bild 3.1) umfaßt eine selbstschwingende Mischstufe mit vorgeschaltetem Bandfilter. Die Kreise sind

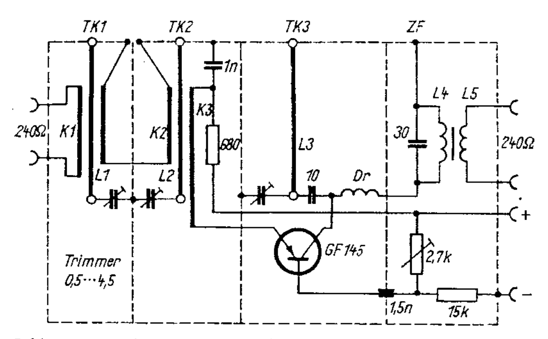


Bild 3.1 UHF-Konverter mit dem Transistor *GF 145*

als Topfkreise aufgebaut. Die Antennenspannung wird über eine Koppelschleife K1 in den ersten Topfkreis eingekoppelt. Eine weitere Koppelschleife K2 koppelt diese Spannung in den 2. Topfkreis ein. Beide Topfkreise bilden dadurch ein Bandfilter. Der Kopplungsgrad wird durch die Ausführung der Koppelschleife bestimmt. Die Antennenkopplung K1 ist verhältnismäßig unkritisch und für den Anschluß einer symmetrischen 240-Ω-Antennenableitung gedacht.

Vom Bandfilter wird die UHF-Spannung mit Hilfe einer weiteren Koppelschleife K3 dem Emitter des Mischtransistors zugeführt. Die Oszillatorschaltung des Transistors arbeitet in Basisschaltung. Zur Verbesserung der Rückkopplung wird eine kleine Kapazität zwischen Kollektor und Emitter gelegt. Der als Oszillator geschaltete 3. Topfkreis TK3 ist kapazitiv an den Kollektor angeschlossen.

Nach einer $\lambda/4$-Drossel (Dr) folgt dann der ZF-Kreis in üblicher Ausführung. Eine Koppelwicklung dient zur Auskopplung der Zwischenfrequenz; diese wird über ein möglichst kurzes 240-Ω-Kabel an den Eingang des VHF-Fernsehempfängers geführt.

Der Aufbau der Topfkreise – Der mechanische Aufbau von Topfkreisen bereitet die größten Schwierigkeiten. Messing- oder Kupferplatten lassen sich schlecht löten. Ein Material, das sich gut löten läßt und auch leicht zu

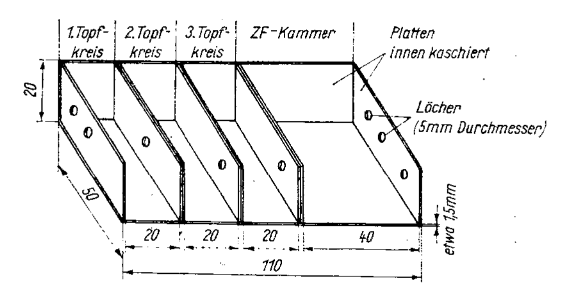


Bild 3.2 Abmessungen des Gehäuses für den UHF-Konverter

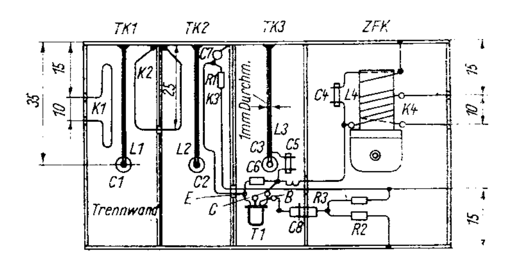


Bild 3.3 Verdrahtung des UHF-Konverters

beschaffen ist, stellt kupferkaschiertes Halbzeug dar. Ein mit diesem Material aufgebautes Gehäuse weist eine ausreichende Stabilität auf.
Bild 3.2 zeigt die Abmessungen des Gehäuses. Die Topfkreise sind im Schnitt quadratisch 20 mm × 20 mm und etwa 60 mm lang. Die Länge ist unkritisch, sie wird nur durch die Verdrahtung bestimmt. Bild 3.3 zeigt den Aufbau der Verdrahtung. Die 3 Innenleiter der Topfkreise haben einen Durchmesser von 1 mm und sind 35 mm lang. Den Abschluß eines jeden Leiters bildet der Rohrtrimmer; man benutzt einen Typ mit einer Kapazität von 0,6 bis 4,5 pF. Für die Koppelschleifen K1, K2 und K3 wird isolierter Schaltdraht mit 0,5 mm Durchmesser benötigt; die Form und Lage der Schleifen sind aus Bild 3.3 ersichtlich. Die günstigste Form erhalten die Schleifen beim Abgleich. In TK3 befindet sich der Transistor mit seinen Schaltelementen. Die Drossel im Kollektorkreis hat 4 mm Durchmesser und 8 Wdg., 0,25-mm-CuL. Der letzte Kreis ist der ZF-Kreis; er wird auf einen 7-mm-Spulenkörper gewikkelt. L4 erhält 4 Wdg., 0,5-mm-CuL. Zwischen die dem kalten Ende zu liegenden Windungen kommen 2 Wdg. isolierten Schaltdrahts (K4) für die Auskopplung der ZF.
Antennenkoppelschleife K1 und ZF-Auskoppelwicklung K4 werden durch Löcher im Gehäuse nach außen geführt und dort an Stützpunkten befestigt, die am Gehäuse angebracht sind. Von diesen Stützpunkten führen die 240-Ω-Anschlüsse zur Antenne bzw. zum Fernsehempfänger.

Arbeitspunkteinstellung des Transistors – Bei dem benutzten Transistor *GF 145* wird der Emitterstrom auf etwa 2 mA festgelegt, wodurch sich optimale Schwingbedingungen ergeben. Die Dimensionierung von Basisspannungsteiler R2, R3 und Emitterwiderstand R1 erfolgt experimentell. Als Basiskondensator C8 ist ein Durchführungstyp günstig; der C-Wert hat dabei untergeordnete Bedeutung. Die Emitterkoppelschleife K3 soll nicht kürzer, sondern eher länger ausgelegt werden. Bei zu kurzer Koppelschleife setzt die Oszillatorschwingung aus. Notfalls verlängert man die Koppelschleife künstlich durch eine Schleife unmittelbar vor dem Emitterkondensator. Als Betriebsspannung für das Vorsatzgerät wird eine gegen Masse positive Spannung von 10 bis 12 V benötigt.

Der Abgleich – Sind alle Schalt- und Montagearbeiten bis auf das Auflöten des Deckels abgeschlossen, so kann die Inbetriebnahme erfolgen. Ein einwandfreier Empfang erfordert jedoch einen entsprechenden Abgleich. Nach Anlegen der Speisespannung (12 V, etwa 2,5 mA) kontrolliert man das Schwingen des Oszillators. Dazu wird der HF-Tastkopf eines Röhrenvoltmeters an den Innenleiter des Oszillatortopfkreises gehalten. Mißt man keine HF-Spannung, so ist der Emitterwiderstand um 100 Ω zu vergrößern oder zu verkleinern und die mehrfach erwähnte Koppelschleife K2 zu verlängern oder die Rückkoppelkapazität C6 auf maximal 2 pF zu vergrößern. Auch ein Transistoraustausch kann Abhilfe schaffen.
Nun wird die UHF-Antenne an den Eingang des Vorsatzgeräts gelegt. Man schaltet den ZF-Ausgang an die Antennenbuchse eines Fernsehempfängers und stellt am Kanalwähler den Kanal 4 (etwa 65 MHz) ein. Dann dreht man den Oszillatortrimmer C3 langsam ein, bis Bild und Ton vorhanden sind. Nun werden ZF-Kreis und Vorkreise auf rauschfreies Bild getrimmt. Die genaue Feinabstimmung erfolgt mit der Feinabstimmung des Fernsehempfängers.
Legt man die Koppelschleifen entsprechend Bild 3.4 aus,

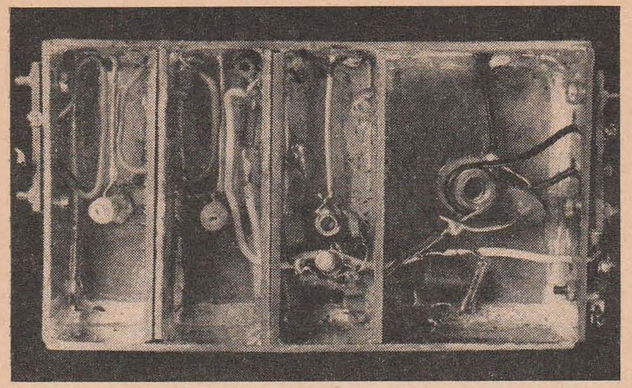


Bild 3.4 Ansicht des UHF-Konverters

so ist kaum eine Nachjustierung erforderlich. Bei zu loser Kopplung des Topfkreisbandfilters erhält man eine zu geringe ZF-Spannung. Zu starke Kopplung stört kaum und bewirkt meist nur Doppelwelligkeit in der Abstimmung. Arbeitet das Gerät völlig einwandfrei, so kann der Deckel auf das Gehäuse gelötet werden. Das verschlossene Vorsatzgerät ist dann unbedingt nochmals nachzustimmen.

4. Bild-ZF-Verstärker

Ein Beispiel für die Standardisierung beim Fernsehempfänger in der Röhrentechnik ist der Bild-ZF-Verstärker mit seiner klassischen Standardbestückung mit 3 *EF 80.* Man findet diese Bestückung mit wenigen Ausnahmen in allen von 1956 bis 1966 gebauten Fernsehgeräten. Anders sieht es bei den ersten teiltransistorisierten Bild-ZF-Verstärkern aus. Betrachtet man die einzelnen Schaltungen, so läßt sich feststellen, daß sie mit den verschiedensten Transistoren bestückt sind. Während die ersten Verstärker noch mit einer Regelpentode als erste ZF-Röhre versehen waren, haben die neuen Verstärker bereits einen Regeltransistor. In Tabelle 4.1. sind einige mögliche Kombinationen von Transistoren, teilweise auch mit Regelröhre, zusammengestellt.

Tabelle 4.1. Kombinationen von Röhren und Transistoren

1. ZF-Stufe	2. ZF-Stufe	3. ZF-Stufe	4. ZF-Stufe	Videoverstärker	Videoendstufe
EF 85	OC 883	OC 883	OC 883	—	—
EF 183	AF 121	AF 121	—	—	—
EF 183	AF 114	AF 114	—	—	—
EF 85	AF 114	AF 114	AF 118	—	—
AF 102	AF 102	AF 118	—	AF 116	AF 118
OC 170	OC 170	OC 170	—	П 401	П 403
AF 121	AF 121	AF 121	—	AF 127	AF 118
GF 132	GF 132	GF 132	GF 132	GF 105	AF 118
AF 114	AF 114	AF 114	AF 114	AF 116	AF 118
AF 200	AF 201	AF 202	—	—	—
AF 181	AF 121	AF 121	—	AF 127	BF 109
AF 124	AF 102	AF 118	—	AF 127	BF 109
AF 106	AF 106	AF 106	—	AF 117	AF 118
AF 114	AF 102	AF 102	—	AF 116	AF 118
GF 128	GF 128	GF 128	GF 128	GF 130	BF 109

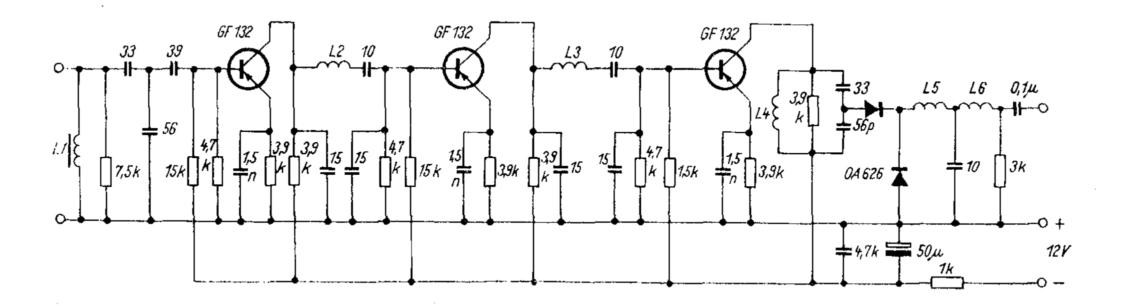


Bild 4.1 ZF-Verstärker mit 3 Transistoren *GF 132* und Einzelkreisfiltern

Im folgenden Abschnitt werden 4 ZF-Verstärker beschrieben, die für teil- bzw. volltransistorisierte Fernsehgeräte gebaut wurden. Ein Verstärker ist mit Einzelkreiskopplung versehen. Daher läßt er sich leichter aufbauen als die anderen Verstärker, die bandfiltergekoppelt sind. Zum Abgleich der bandfiltergekoppelten Verstärker benötigt man unbedingt einen Wobbelmeßsender. Für den Einzelkreisverstärker genügt ein einfacher Meßsender.

4.1. Bild-ZF-Verstärker mit 3 Transistoren

Dieser ZF-Verstärker wurde 3stufig und mit Einzelkreisen aufgebaut. Die Transistoren sind nicht eingelötet, sondern stecken in Sockeln. Das hat den Vorteil, daß man die Transistoren der verschiedenen Typen auf ihre Brauchbarkeit für ZF-Verstärker, d. h. für 40 MHz, aussuchen kann.
Im Aufbau gleichen sich alle 3 Stufen. Für die Transistoren wurden 3 *GF 132* benutzt. Als Dioden D1 und D2 ließ sich der Typ *OA 626* einsetzen.
Bild 4.1 zeigt den Stromlaufplan des Verstärkers.

Der Aufbau – Der Verstärker wurde in gedruckter Schaltung aufgebaut. Die Spulenkörper sind Teile von *Rafena-Start*-Filtern, die folgende Windungen aufweisen:
L1 – 20 Wdg., L4 – 45 Wdg.,

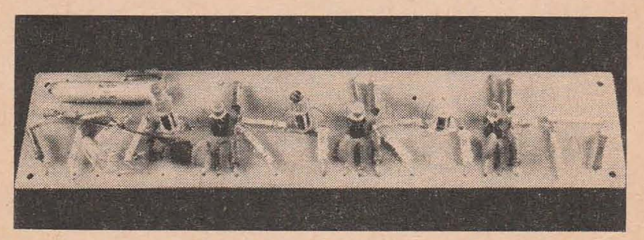


Bild 4.2 Ansicht des Bild-ZF-Verstärkers nach Bild 4.1; die Abschirmungen der Filter wurden im Foto weggelassen

L2 – 45 Wdg., L5 – 60 Wdg.,
L3 – 45 Wdg., L6 – 60 Wdg.;
L1 bis L4 – 0,35-mm-CuL; L5 und L6 – 0,25-mm-CuL.
Der weitere Aufbau ist aus Bild 4.2 zu ersehen.

4.2. Bild-ZF-Verstärker mit 3 Transistoren *AF 121*

Dieser ZF-Verstärker ist mit 3 Transistoren *AF 121* bestückt, davon wird der 1. Transistor geregelt. Das Filter F1 koppelt den VHF-Tuner an den Transistor T1 an, gleichzeitig enthält es die Fallen für den Nachbarton- und den Nachbarbildträger. Dadurch werden Kreuzmodulationen im ZF-Verstärker verhindert. Filter F2 und F4 sind Einzelkreise, das Filter F4 enthält außerdem die Videodiode und die kapazitiv angekoppelte Eigentonfalle, von der Bild- und Tonträger für den Ton-ZF-Verstärker abgenommen werden. Am Arbeitswiderstand des Videogleichrichters von 2,7 kΩ entsteht eine Richtspannung von etwa 1 V. Den Stromlaufplan zeigt Bild 4.3.

Transistoren – Da der Transistor *AF 121* bei den Amateuren häufig vorhanden ist, wurde diese Schaltung mit 3 Transistoren *AF 121* aufgebaut. Dieser Typ hat eine Grenzfrequenz $f_T = 270$ MHz. Diese hohe Grenzfrequenz gestattet es, den *AF 121* im ZF-Verstärker in Emitterschaltung zu betreiben. Der Transistor *GF 146* vom VEB *Halbleiterwerk* Frankfurt (Oder) eignet sich als Austauschtyp für den *AF 121.*

Aufbau – Der ZF-Verstärker wird in gedruckter Schaltung aufgebaut. Die Filter sind auf Spulenkörper mit einem 6-mm-Kern gewickelt.

Spulendaten

Filter 1

L1 – 6 Wdg., 0,25-mm-CuL, 31,9 MHz

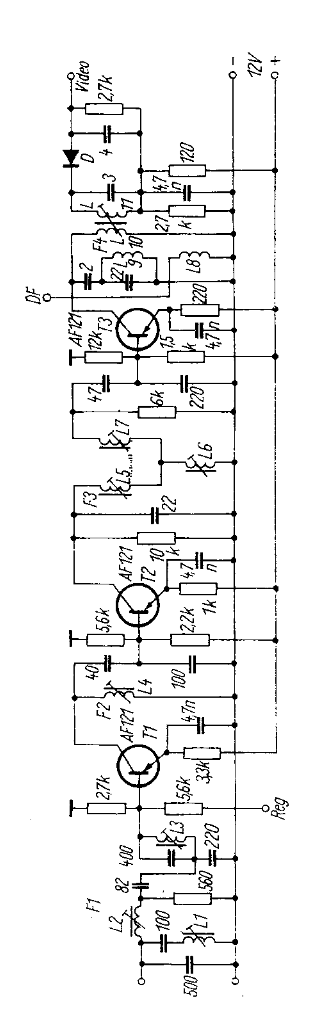


Bild 4.3 Bild-ZF-Verstärker mit 3 Transistoren *AF 121*

L2 – 5 Wdg., 0,25-mm-CuL
L3 – 2 Wdg., 0,60-mm-CuL, 40,4 MHz

Filter 2

L4 – 7 Wdg, 0,25-mm-CuL

Filter 3

L5 – 8 Wdg., 0,25-mm-CuL
L6 – 2 Wdg., 0,25-mm-CuL
L7 – 6 Wdg., 0,25-mm-CuL

Filter 4

L8 – 2 Wdg., 0,80-mm-CuL
L9 – 10 Wdg., 0,80-mm-CuL
L10 – 12 Wdg., 0,25-mm-CuL
L11 – 12 Wdg., 0,25-mm-CuL
Der Abgleich erfolgt am besten mit einem Wobbelgenerator, die Abgleichfrequenz beträgt 36,2 MHz. Sollte nur ein Meßgenerator vorhanden sein, so kann man entsprechend Abschnitt 15. verfahren. Dort wird ein allgemeines Abgleichverfahren beschrieben. Die Spulen L1 (Nachbarbildträger 31,9 MHz) und L3 (Nachbartonträger 40,4 MHz) werden auf Minimum abgeglichen.

4.3. Bild-ZF-Verstärker mit 4 Transistoren *GF 128*

Der beschriebene ZF-Verstärker ist mit 4 Transistoren vom Typ *GF 128* in Emitterschaltung bestückt. Um den Verstärker einfach abgleichen zu können, wurde er für einen mittleren Rückwirkungsgrad neutralisiert. Die Kreiskapazitäten sind so hoch gewählt, daß beim Auswechseln der Transistoren die Durchlaßkurve nicht beeinflußt wird. Die Bandbreite von 4,5 MHz bewirkt einen verhältnismäßig flachen Flankenanstieg der ZF-Durchlaßkurve, wodurch sich kleine Laufzeitverzerrungen ergeben. Als Filter werden 2 Kreisfilter verwendet, die auf eine Mittelfrequenz von 36,4 MHz abgeglichen sind. Vor der 1. Stufe

befinden sich Fallen für den Nachbarbildträger und den Nachbartonträger, damit Kreuzmodulationen vermieden werden. Die Eigentonfalle befindet sich vor der 1. Stufe. Die Arbeitspunkte der Transistoren für die ersten 3 Stufen liegen bei $-U_{CE} = 9$ V und $I_E = 3$ mA. Um die letzte Stufe weiter ansteuern zu können, befindet sich der Arbeitspunkt in diesem Fall bei $U_{CE} = 9$ V und $I_E = 5$ mA. Geregelt wird der Emitterstrom des 1. Transistors. Der Regelbereich beträgt etwa 35 dB, bezogen auf die Übersteuerungsgrenze des 4. Transistors.

Die Schaltung – Bild 4.4 zeigt den Gesamtstromlaufplan des ZF-Verstärkers. Der 1. Kreis des Eingangsfilters befindet sich im Tuner. Über eine kapazitive Fußpunktkopplung gelangt das ZF-Signal an den 2. Kreis des Eingangsfilters.
In diesem Filter befinden sich die Fallen f = 31,9 MHz (entspricht dem Nachbarbildträger) und f = 40,4 MHz (entspricht dem Nachbartonträger). Vor der 1. Stufe befindet sich die Eigentonfalle. Die Arbeitspunkte werden durch die Basiswiderstände eingestellt. Um die Dämpfung der Primärkreise durch die Neutralisationsglieder klein zu halten, zapft man den Primärkreis an. Die Neutralisation wird durch die Widerstände und Kondensatoren fest eingestellt. Die Kreise sind kapazitiv gekoppelt. Die 4. ZF-Stufe hat die Aufgabe, ein Maximum an Leistung an den Videolastwiderstand abzugeben. Der Arbeitspunkt des Transistors T4 liegt bei $I_E = 5$ mA und $U_{CE} = 9$ V, um den Transistor soweit wie möglich linear ansteuern zu können. Der Arbeitspunkt wird durch die Basiswiderstände festgelegt. Der Diodenkreis ist sehr fest an den Primärkreis gekoppelt; die beiden Spulen sind bifilar gewickelt. Lastwiderstand und Ladekondensator wählt man so, daß die Grenzfrequenz für das demodulierte Signal f = 5 MHz beträgt. Somit ergeben sich für den Lastwiderstand 2,7 kΩ und für den Ladekondensator 10 pF.

Transistoren – Das Mustergerät wurde mit dem Transistor

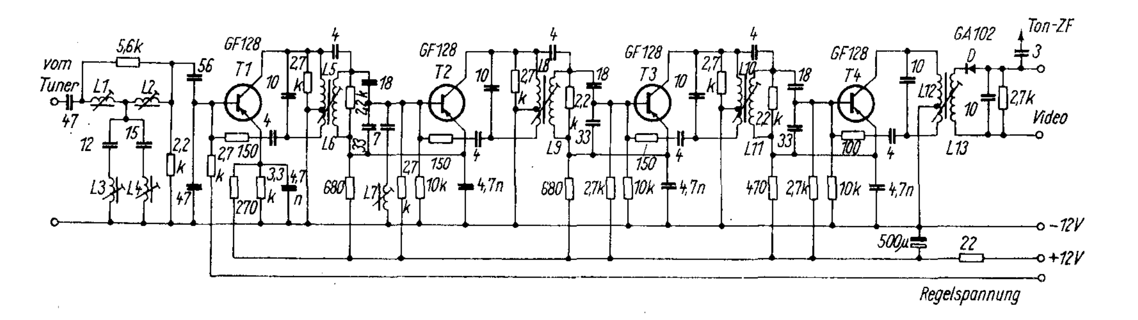


Bild 4.4 Bild-ZF-Verstärker mit 4 Transistoren *GF 128*

GF 128 aufgebaut. Dieser Typ hat eine Grenzfrequenz von $f_T = 100$ MHz, er wurde speziell für Verstärkerstufen bei 37 MHz entwickelt. Auch im Kofferfernsehgerät *K 67* vom VEB *Fernsehgerätewerke* Staßfurt werden sie im Bild-ZF-Verstärker benutzt. Gut verwendbar sind auch die Typen *GF 132* bzw. *AF 114* und *AF 124*. Auch die sowjetischen Typen *П 404* und *П 416* eignen sich ausgezeichnet; sie haben eine Grenzfrequenz $f_T = 120$ MHz.

Der Aufbau – Der Aufbau erfolgt in gedruckter Schaltung, die Größe der Platine beträgt 60 mm × 160 mm. Die Filter wurden aus umgebauten *Rafena-Start*-Filtern hergestellt. Geeignet ist auch jeder andere Spulenkörper mit 5-mm-Kern.

Spulendaten

L1 – 18 Wdg., 0,3-mm-CuL
L2 – 7 Wdg., 0,3-mm-CuL
L3 – 14 Wdg., 0,3-mm-CuL
L4 – 12 Wdg., 0,3-mm-CuL
L5 – 10 Wdg., 0,3-mm-CuL, Abgriff bei 1,5 Wdg.
L6 – 10 Wdg., 0,3-mm-CuL
L7 – 15 Wdg., 0,3-mm-CuL
L8 – 10 Wdg., 0,3-mm-CuL, Abgriff bei 15 Wdg.
L9 – 10 Wdg., 0,3-mm-CuL
L10 – 10 Wdg., 0,3-mm-CuL, Abgriff bei 15 Wdg.
L11 – 10 Wdg., 0,3-mm-CuL
L12 – 15 Wdg., 0,3-mm-CuL, Abgriff bei 2 Wdg.
L13 – 13 Wdg., 0,3-mm-CuL

Zum Abgleichen ist ein Wobbelgenerator erforderlich. Die Zentralfrequenz für alle Bandfilter beträgt 36,4 MHz. Eingespeist wird niederohmig an der Basis des jeweiligen Transistors.

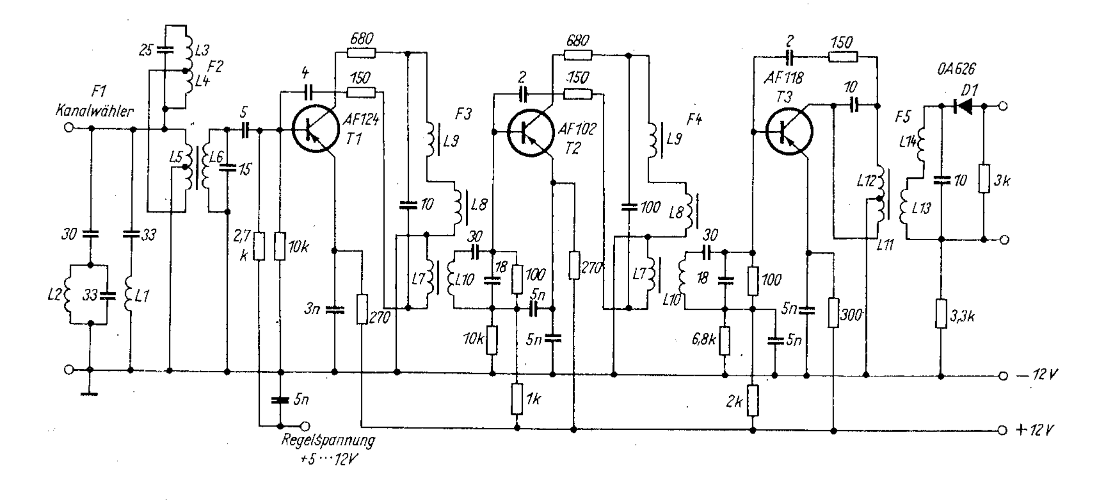


Bild 4.5 Bild-ZF-Verstärker mit den Transistoren *AF 125, AF 102, AF 118* (diese Transistoren lassen sich ersetzen durch die Typen *GF 132, GF 146* und *GF 142* vom VEB *Halbleiterwerk* Frankfurt [Oder])

4.4. Bild-ZF-Verstärker für höhere Ansprüche

Der im folgenden Abschnitt beschriebene ZF-Verstärker kann nur nachgebaut werden, wenn ein Wobbelgenerator mit Oszillograf zur Verfügung steht. Er ist 3stufig mit den Transistoren *AF 125, AF 102* und *AF 118* in Emitterschaltung aufgebaut. Der 1. Transistor *AF 124* wird geregelt (Aufwärtsregelung).
Die 3 Verstärkerstufen sind fest neutralisiert. Durch Einbeziehung der Neutralisation in den Kollektorkreis der jeweiligen Stufe wirkt die Neutralisation über die gesamte Übertragungsbreite. Für die 3. Verstärkerstufe wird der Transistor *AF 118* benutzt; er verträgt $U_{CE} = 70$ V. Wie sich gezeigt hat, ist der Transistor in der 3. ZF-Verstärkerstufe besonders in bezug auf Überlastung gefährdet, da er die Steuerspannung für den Videoverstärker aufbringen muß. Um Abhilfe zu schaffen, wurde der Transistor *AF 118* eingesetzt. Als Videodiode wird die *OA 626* verwendet. Bild 4.5 zeigt den Stromlaufplan des ZF-Verstärkers.

Der Aufbau – Der Verstärker ist auf einem Streifen

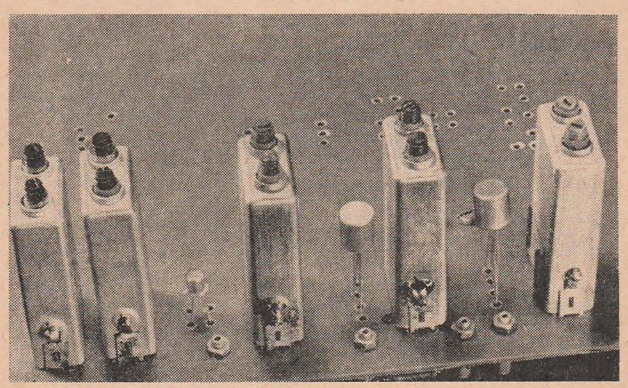


Bild 4.6 Die umgebauten *Start*-Filter mit den 3 Transistoren im Bild-ZF-Verstärker nach Bild 4.5

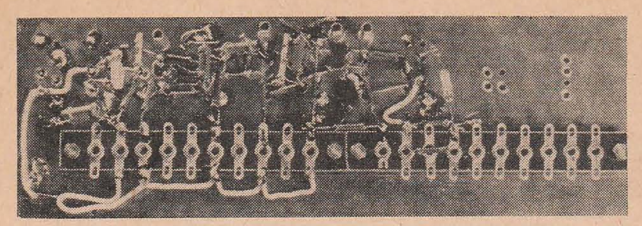


Bild 4.7 Verdrahtungsansicht des Bild-ZF-Verstärkers; er wurde noch in alter Bauweise angefertigt

kupferkaschiertem Halbzeug aufgebaut. Aus Bild 4.6 und Bild 4.7 kann man den Aufbau des Verstärkers ersehen. Als Filtermaterial werden *Rafena-Start*-Filter verwendet. Nachstehend die Spulendaten für die Filter F1 bis F5.

Spulendaten

Wickeldraht

0,25-mm-CuL S

Filter 1

L1 – 9 Wdg.
L2 – 7 Wdg.

Filter 2

L3 – 1 Wdg., neben L4 gewickelt
L4 – 7 Wdg.
L5 – 9 Wdg., mit Mittelabgriff, über L6 gewickelt
L6 – 14 Wdg.

Filter 3 und 4

L7 – 12 Wdg.
L8 – 3 Wdg., über L10 gewickelt
L9 – 3 Wdg., neben L7 gewickelt
L10 – 9 Wdg.
Die Spulen L7 und L9 sind am Fußende, die Spulen L8 und L10 am oberen Ende des Spulenkörpers angeordnet.

Filter 5

L11 – 12 Wdg.
L12 – 3 Wdg., neben L11 gewickelt
L13 – 2 Wdg., über L11 gewickelt
L14 – 14 Wdg.

Die Spulen L11, L12 und L13 sind am Fußende, die Spule L14 ist am oberen Ende des Spulenkörpers angeordnet.

5. Videoendstufen

Die Videoendstufe hat die Aufgabe, die für die Bildröhre notwendige Steuerspannung von $U_{SS} \approx 30\,V$ bis $U_{SS} \approx 100\,V$, je nach Bildröhrengröße, zu liefern. Im Videoteil wird im allgemeinen auch die Ton-ZF von 5,5 MHz ausgekoppelt. Darüber hinaus erzeugt der Videoteil die Steuerspannung des Amplitudensiebs und die der getasteten Regelung.
Der Bildmodulator liefert ein Signal mit einer maximalen Spitze-Spitze-Spannung von 2 bis 3 V an den Videoverstärker. Damit die Bildröhre die benötigte Signalspannung erhält, ist eine 10- bis 40fache Verstärkung des Bildsignals notwendig. Außerdem muß der Videoverstärker als Breitbandverstärker aufgebaut sein, da eine Bandbreite von 3 bis 5 MHz gefordert wird. In Röhrenfernsehgeräten läßt sich das Problem der Videoendstufe einfach durch ein Breitbandpentodensystem (z. B. *PCL 84, PL 83*) lösen. Anders verhält es sich bei dem sehr niederohmigen Eingang der Transistorvideoendstufe. Der niederohmige Eingang belastet den Bilddemodulator so stark, daß die Zwischenschaltung einer Emitterfolgestufe erforderlich ist.

5.1. Transistoren für die Videoendstufe

Da der Videoendstufentransistor eine beträchtliche Leistung aufbringen muß, ist man auf Spezialtransistoren angewiesen. Um diese Stufe zu realisieren, benötigt man für eine kleine Bildröhre, z. B. die *B 16 G 1*, eine Steuerspannung von $U_{SS} \approx 30\,V$. Für diese Signalspannung ist der Transistor *AF 118* noch ausreichend. Er hat die Daten $U_{CE} = 70\,V$ und $I_C = 30\,mA$. Die Betriebsspannung für diese Stufe müßte etwa 45 V betragen.
Soll aber die Leistung für eine größere Bildröhre aufge-

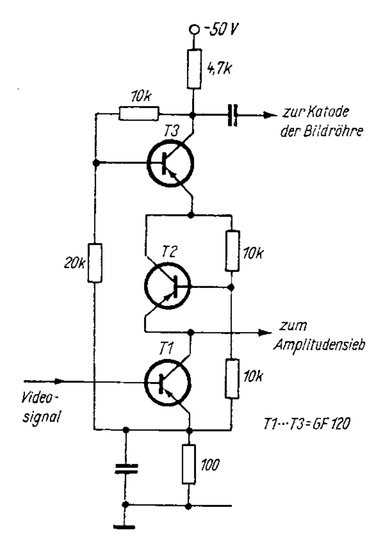


Bild 5.1 Prinzip der gleichstrommäßigen Reihenschaltung für den Aufbau einer Videoendstufe

bracht werden, so muß man Siliziumtransistoren einsetzen. Erprobt wurde der Typ *BF 109.* Gleich gut sind die Typen *BF 110, BF 114, BF 117, П 309* und *П 502.* Diese npn-Transistoren haben die Daten U_{CE} = 135 bis 140 V und I_C = 40 bis 100 mA. Mit diesen Siliziumtransistoren lassen sich Bildröhrensteuerspannungen bis U_{ss} = 100 V erreichen. Für die Betriebsspannung werden dann etwa 100 bis 130 V benötigt.

Es besteht aber auch die Möglichkeit, die „Beanstalk"-Schaltung anzuwenden. Man benötigt dann keine Importtransistoren. „Beanstalk" kommt aus dem Englischen und bedeutet soviel wie „Bohnenranken"-Schaltung. In Bild 5.1 ist das Prinzip der Schaltung dargestellt. Es handelt sich dabei um eine gleichstrommäßige Reihenschaltung mehrerer Transistoren. Um diese Schaltung aufzubauen, kann man auch Transistoren mit geringem U_{CE} benutzen.

Es lassen sich dann die Siliziumtransistoren *SF 121* bis *SF 123* verwenden (npn-Planar-Transistoren mit einer Grenzfrequenz f_T = 130 MHz).

5.2. Videoendstufe mit 2 Transistoren *SF 123*

Da es bei Manuskriptabschluß noch keinen Spezialtransistor für Videoendstufen gab, wurde eine Videoendstufe nach dem Prinzip der gleichstrommäßigen Reihenschaltung aufgebaut. Es wurde der Silizium-npn-Planartyp *SF 123* gewählt. 2 in Reihe geschaltete *SF 123* kann man noch mit 70 V Betriebsspannung betreiben und erhält damit die benötigte Steuerspannung für die Bildröhre *B 16 G 1.*

Die Schaltung – In Bild 5.2 ist der Stromlaufplan der Videoendstufe dargestellt. Das vom Videogleichrichter gelieferte Signal gelangt zur Basis von T1. T1 arbeitet als Emitterfolger und steuert über seinen Emitter direkt die Basis des Transistors T2 an, der mit T3 gleichstrommäßig in Reihe geschaltet ist, um die hohe Steuerspannung für die Bildröhre aufzubringen. Das DF-Signal für den Tonteil wird am Kollektor von T1 abgenommen. Die Auskopplung der Synchronimpulse erfolgt am Emitter von T1. Im Emitterkreis befindet sich noch ein Sperrkreis für die Ton-ZF von 5,5 MHz; er soll verhindern, daß diese Frequenz die Endstufe erreicht. Die Betriebsspannung für T2 und T3 beträgt 70 V. Diese Spannung wird gleichzeitig zur Helligkeitsregelung der Bildröhre benutzt, die man mit Hilfe eines Potentiometers von 10 kΩ vornimmt. Die Ankopplung der Videoendstufe an die Katode der Bildröhre erfolgt über eine Diode.

Der Aufbau – Die Videoendstufe ist gemeinsam mit einem Bild-ZF-Verstärker (bestückt mit dem Transistor *GF 128*) in gedruckter Schaltung aufgebaut. Bild 5.3 zeigt den Aufbau. Das Potentiometer für die Helligkeit ist an der Frontplatte befestigt.

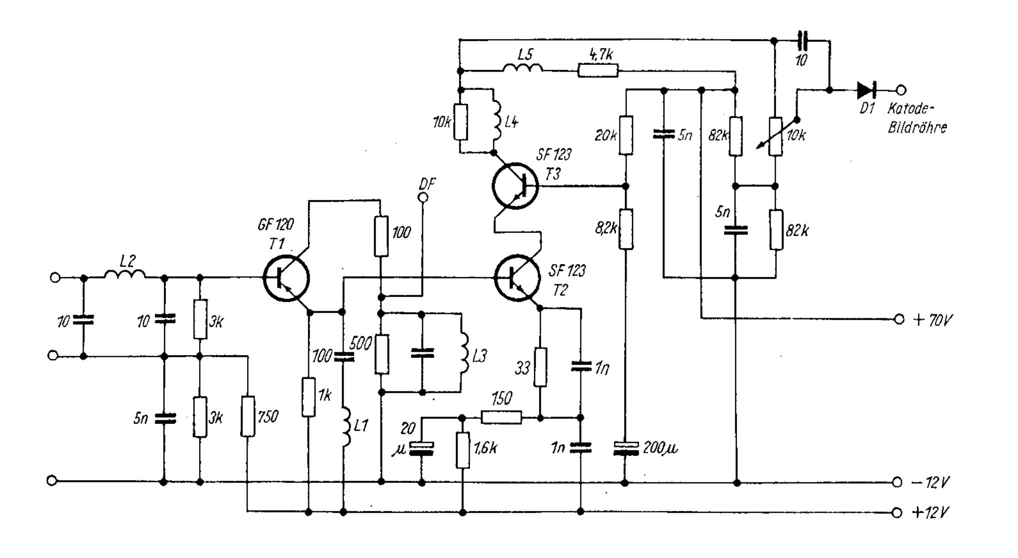


Bild 5.2 Praktische Ausführung einer gleichstrommäßigen Reihenschaltung; Videoendstufe mit 2 Transistoren *SF 123*

Bild 5.3 Videoverstärker mit Siliziumtransistor *SF 128* in der Endstufe

5.3. Videoendstufe mit dem Transistor *SF 128*

Für eine weitere Videoendstufe wurde der Silizium-npn-Planar-Epitaxie-Transistor *SF 128* vom VEB *Halbleiterwerk* Frankfurt (Oder) eingehend erprobt. Er hat die Daten $U_{CBO} = 100\,V$, $I_C = 500\,mA$, die Grenzfrequenz $f_T = 60\,MHz$ und die Verlustleistung $P_C = 600\,mW$. Damit dürfte der Transistor *SF 128* für die Videoendstufe brauchbar sein.

Die Schaltung – Als Videoverstärker arbeitet der Transistor T1, ein *GF 120* (s. Bild 5.3). Im Kollektorkreis von T1 liegt ein Schwingkreis, an dem der Ton über einen Kondensator von 10 nF ausgekoppelt wird. Die Betriebsspannung für T1 und für den Basisspannungsteiler von T2 beträgt 12 V. Für T2 wird der Siliziumtransistor *SF 128* verwendet. Die Ansteuerung erfolgt über einen Kondensator von 100 μF. Im Emitterweg liegt ein Gegenkopplungsglied, das den Kontrast regelt. Über einen Kondensator von 25 nF wird vom Kollektor des T2 die Steuerspannung für die Bildröhre abgenommen. Gleichzeitig erfolgt über die Katode der Bildröhre die Helligkeitsregelung. Am Kollektorspannungsteiler wird das Signalgemisch für das Amplitudensieb abgenommen. In der Horizontalendstufe gewinnt man die Betriebsspannung von 100 V für T2, die ebenfalls zur Helligkeitsregelung verwendet wird.

Verwendbare Transistoren – Der Transistor T2 kann auch durch andere Typen ersetzt werden. Am besten eignet sich der *BF 109*, der auch im *K 67* vom VEB *Fernsehgerätewerke* Staßfurt verwendet wird. Auch die sowjetischen Transistoren *KT 601 A*, *П 309* und *П 502* lassen sich einsetzen.

Der Aufbau – Der Aufbau erfolgt auf einem Streifen kupferkaschiertem Halbzeug in gedruckter Schaltung. Der Transistor T2 erhält zur besseren Wärmeableitung ein

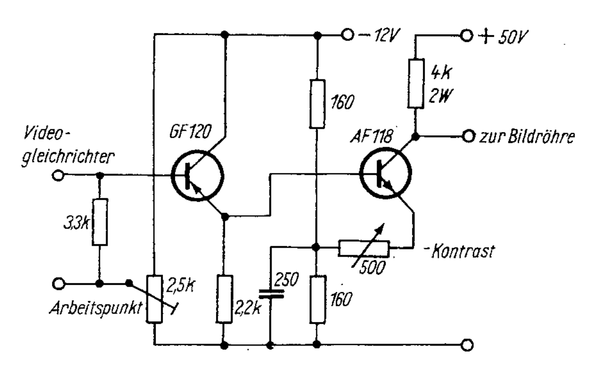


Bild 5.4 Videoendstufe für eine kleine Bildröhre

kleines Kühlblech. Die Regler für Helligkeit und Kontrast befestigt man an der Frontseite. Die Drosseln dienen zur Frequenzkorrektur und werden auf einen Widerstand gewickelt.

5.4. Videoendstufe mit dem Transistor *AF 118*

Bild 5.4 zeigt den Stromlaufplan des Videoverstärkers. Für T1 des 2stufigen Verstärkers verwendet man den Transistor *GF 120.* Er wird in Kollektorschaltung betrieben und bewirkt hauptsächlich die Anpassung des Bilddemodulators an die niederohmige Videoendstufe.
Vom Emitter des T1 wird das Steuersignal für das Amplitudensieb abgenommen. Gleichzeitig kann hier auch die Ton-ZF von 5,5 MHz ausgekoppelt werden. Mit dem Einstellregler von 2,5 kΩ wird der Arbeitspunkt von T1 eingestellt. Der Arbeitswiderstand von T2 hat einen Wert von 4 kΩ. Die Betriebsspannung der Videoendstufe, die durch die Gleichrichtung der Zeilenrückschlagimpulse gewonnen wird, beträgt 50 V. Den Kontrast regelt man mit einem Potentiometer von 500 Ω, das im Emitterweg von T2 liegt. Die Betriebsspannung für T1 beträgt – 12 V.

6. Bildröhren

Die Ströme und Spannungen einer Bildröhre können sich von den Werten, die bei Empfängerröhren üblich sind, um 1 bis 2 Größenordnungen unterscheiden. Während man es bei Empfängerröhren im Mittel mit Spannungen von ≈ 100 V und Strömen um ≈ 10 mA zu tun hat, gehören in diesem Fall Spannungen von über 10 kV und Ströme um ≈ 100 μA zu den üblichen Betriebsbedingungen.

6.1. Strahlerzeugungssystem

Das Strahlerzeugungssystem in einer Bildröhre hat die Aufgabe, die aus einer Glühkatode emittierten Elektronen in einem Punkt auf dem Bildschirm, dem sogenannten Brennfleck, zu vereinigen. Dazu verwendet man eine Kombination von mehreren geeignet geformten Elektroden, an die im Betrieb unterschiedliche Spannungen angelegt werden. Diese Kombination bezeichnet man, da ihre Funktion der Linse in der Optik ähnlich ist, als *elektrostatische Elektronenlinse.*
Die wichtigste, grundsätzliche Forderung, die man an das Strahlerzeugungssystem einer Bildröhre stellen muß, ergibt sich aus dem physikalischen Prinzip der Bildaufzeichnung: In jedem der 25 Bilder, die je Sekunde vom Bildpunkt des Elektronenstrahls in 625 aufeinanderfolgenden Zeilen geschrieben werden, besteht jede Zeile wiederum aus einer Folge von Punkten mit verschiedener Helligkeit. Die punktweise Aufzeichnung eines solchen Hell/Dunkel-Bildes erfordert, die Helligkeit des Brennflecks von Punkt zu Punkt und von Hell über mehrere Graustufen bis zu Dunkel kontinuierlich regeln zu können. Da die Helligkeit des Brennflecks auf dem Leuchtschirm vom Strahlstrom abhängt, ist eine kontinuierliche Strahlstromsteue-

rung erforderlich. Das läßt sich, ähnlich wie bei einer üblichen Verstärkertriode, durch Einführung eines Gitters erreichen (in diesem Fall in Form einer Lochblende im Strahlengang), das gegen die Katode negativ vorgespannt ist.

6.2. Bildröhre *B 16 G 1*

Die Rechteckbildröhre *B 16 G 1* dient als Bildsucherröhre mit metallhinterlegtem Schirm für Fernsehkameras. Das Strahlsystem ist als Triode mit Fokussierelektrode aufgebaut. Die nutzbare Schirmabmessung beträgt 90 mm × 120 mm.

Betriebsdaten

Heizung	U_f	6,3 V
Heizstrom	I_f	0,5 A
Anodenspannung	U_{amax}	14 kV
	U_{amin}	9 kV

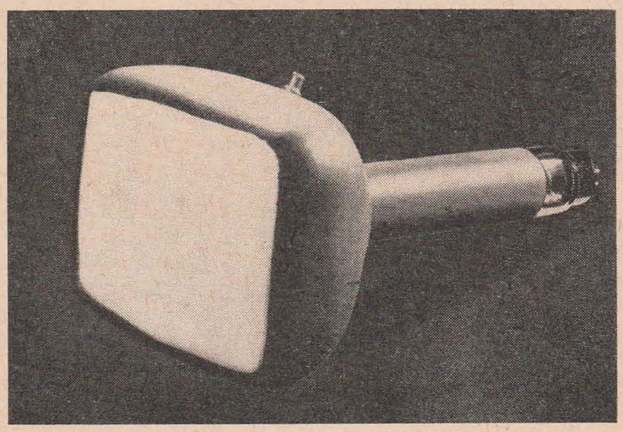


Bild 6.1 Die Bildröhre *B 16 G 1*, eine Bildröhre für das Bildformat 90 mm × 120 mm

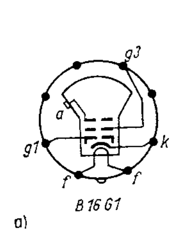
Gittersperrspannung	$U_{g1\ sperr}$	– 40 bis – 90 V
Fokussierung	U_{g3}	0 bis + 400 V
Spannung zwischen Faden und Katode	$U_{fk\ max}$	100 V

6.3. Bildröhre *A 28 – 13 W und 280 QQ 44*

Der Fernsehempfänger *K 67* vom VEB *Fernsehgerätewerke* Staßfurt ist mit einer 28-cm-Bildröhre versehen. Es stehen die Typen *280 QQ 44* und *A 28 – 13 W* zur Verfügung. Beide Röhren haben gleiche Betriebsdaten und sind für batteriebetriebene Fernsehempfänger mit elektrostatischer Fokussierung und 90° Ablenkung bestimmt. Diese Röhren haben einen implosionsgeschützten Schirm, so daß keine Schutzscheibe erforderlich ist.

Betriebsdaten

U_f	=	11 V
I_f	=	≈ 70 mA
U_a	=	11 kV
U_{g2}	=	200 V
U_{g3}	=	0 bis 350 V
$(-U_{g1})$ Sperr		≈ 45 V



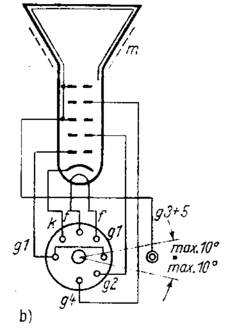


Bild 6.2 Sockelschaltung der Bildröhren *B 16 G 1* und der *A 28 – 13 W*

Bild 6.3 Betriebsspannungszuführung für die Bildröhre *B 16 G 1;* die Austastimpulse werden dem Gitter der Röhre von der Horizontal- und Vertikalendstufe zugeführt

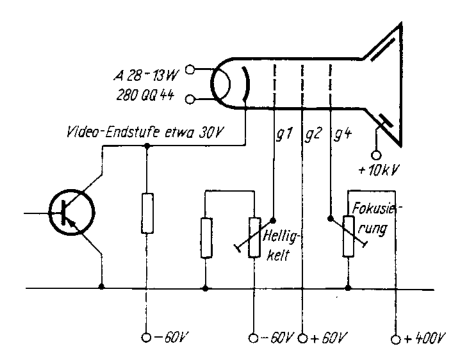


Bild 6.4 Erforderliche Betriebssspannung für die Bildröhre *A 28 – 13 W*

6.4. Speisung der Bildröhren

Bildröhren benötigen für ihre verschiedenen Elektroden entsprechende Betriebsspannungen. Die Heizung erfolgt aus einer Batterie oder aus einem Netztransformator. Die Hochspannung für die Anode wird aus den Rückschlagimpulsen der Horizontalendstufe nach Transformierung und Gleichrichtung gewonnen. Die Spannungen für die Gitter werden vom Zeilentransformator abgenommen und über einen Spannungsteiler der Bildröhre zugeführt. Die weiteren Anschlüsse sind aus Bild 6.3 und Bild 6.4 ersichtlich.

7. Ton-ZF-Verstärker

Für den Tonempfang beim Fernsehempfänger gibt es mehrere Möglichkeiten. Man kann erstens einen getrennten Empfänger (Paralleltonverfahren) bauen. Das wird stets eine Superschaltung sein. Die übliche Variante ist jedoch das Intercariertonverfahren. Dabei nimmt man den Differenzton von 5,5 MHz am Ausgang des Bild-ZF-Verstärkers ab. Bei Transistorgeräten verwendet man meistens die Videovorverstärkerstufe noch mit als Ton-ZF-Verstärker. Im folgenden Abschnitt werden nun verschiedene Möglichkeiten für den Aufbau des Ton-ZF-Verstärkers beschrieben.

7.1. Transistor-Ton-ZF-Verstärker in Basisschaltung

Der Ton-ZF-Teil (Bild 7.1) ist 1stufig mit dem Transistor *GF 122* in Basisschaltung aufgebaut. Über einen Kondensator von 2 pF wird die Ton-ZF an der Anode der Videoendstufe abgenommen und auf das Filter F201 (TV *Rafena*) gekoppelt. Zur Vereinfachung verwendet man das Filter F201 als Einzelkreis. Der Transistor *GF 122* wird in Basisschaltung betrieben. Diese Schaltung hat zwar gegenüber der Emitterschaltung eine etwas geringere Stufenverstärkung, ist aber weniger kritisch, so daß sich eine Neutralisation erübrigt. Im Ratiodetektor wird das Filter F203 in der Originalschaltung verwendet. Die Demodulation erfolgt mit 2 Germaniumdioden *OA 645*. Durch Verwendung der *Rafena*-Filter ergaben sich keine Abgleichschwierigkeiten. Nach geringer Korrektur des Filters F203 war der Abgleich einwandfrei.

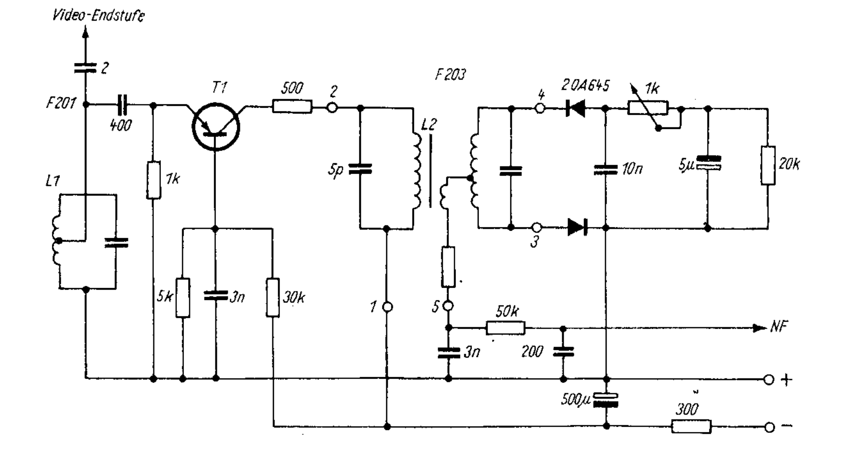


Bild 7.1 1stufiger Ton-ZF-Verstärker in Basisschaltung mit dem Transistor GF 122

7.2. 2stufiger Ton-ZF-Verstärker in Basisschaltung

Dieser Ton-ZF-Verstärker erhält seine Eingangsspannung vom Videogleichrichter, es erfolgt also keine Verstärkung der Tonsignale im Videoverstärker. Durch diese Maßnahme läßt sich die Amplitudenmodulation besser unterdrücken, was für FM-Signale in bezug auf Verzerrung besonders wichtig ist.
Die Ankopplung an den Videodetektor muß sehr lose erfolgen, um diesen nicht zu belasten. In diesem Fall wird die Ankopplung mit Hilfe eines Kondensators von 5 pF vorgenommen. Die Filter F201 und F202 sind als Einzelkreisfilter aufgebaut, nur das Ratiodetektorfilter F203 ist als Bandfilter ausgeführt. Die Ankopplung der Transistoren an das dazugehörige Filter erfolgt durch eine Ankoppelwicklung und einen Kondensator von 10 nF. Die Ankoppelwicklung wird in der 1. Stufe als Neutralisationswicklung benutzt.
Die Transistoren T1 und T2 sind vom Typ *GF 122.* Es lassen sich aber auch alle gleichwertigen Transistoren mit ähnlichen Daten verwenden. Die Dioden sind vom Typ *OA 645.*
Bild 7.2 zeigt den Stromlaufplan des Ton-ZF-Teils.

Der Aufbau – Der Aufbau erfolgt auf einem Stück kupferkaschiertem Halbzeug. Die Filter F201 und F202 sind 1kreisige *Cranach*-Filter (Bv 044). Es müssen lediglich je Filter noch 2 Wdg. für die Ankopplung aufgebracht werden. Als Filter F203 wird das Originalfilter F203 des TV *Start* benutzt.

7.3. 2stufiger Ton-ZF-Verstärker in Emitterschaltung

Im folgenden wird noch ein Ton-ZF-Verstärker in Emitterschaltung beschrieben. Den Verstärker koppelt man lose an den Videodetektor an. Die lose Ankopplung ist erforderlich, um den Videoverstärker nicht zu beeinflussen.

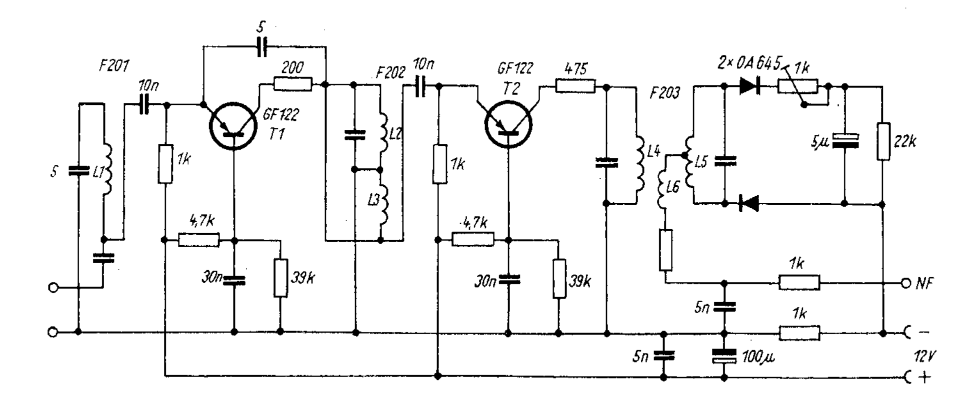


Bild 7.2 2stufiger Ton-ZF-Verstärker in Basisschaltung

Der vom Bild-ZF-Verstärker gelieferte Träger enthält neben der amplitudenmodulierten Bild-ZF im Abstand von 5,5 MHz den frequenzmodulierten Tonträger.
Der Tonträger wird an der Videodiode mit Hilfe des Bandfilters BF1 ausgesiebt und durch die Ankoppelwicklung L3 der Basis des in Emitterschaltung betriebenen Transistors T1 zugeführt.
Die Transistoren T1 und T2 werden mit einem Emitterstrom von $I_E = 3\,mA$ betrieben. Der Transistor T2 ist durch das Bandfilter BF2 mit dem Transistor T1 verbunden. Dem Transistor T2 folgt das Ratiodetektorfilter BF3. Für die Demodulation werden 2 Dioden *OA 625* eingesetzt. Über einen Kondensator von 1 μF wird die NF dem Verstärker zugeführt.
Für die Festneutralisation nutzt man die Spannungstransformation an den Sekundärkreisen der Filter aus, wodurch sich sehr kleine Neutralisationskapazitäten ergeben (0,2 pF). Die Neutralisationskondensatoren bestehen aus 2 Drahtenden, die entsprechend verdrillt werden können. Bild 7.3 zeigt den Stromlaufplan des Ton-ZF-Verstärkers in Emitterschaltung.

Der Aufbau – Der Aufbau erfolgt wie bei allen beschriebenen Stufen auf einem Stück kupferkaschiertem Halbzeug. Es handelt sich dabei aber um keine gedruckte Schaltung, sondern das kupferkaschierte Halbzeug wird als übliches Chassismaterial benutzt; die Kupferfolie ermöglicht ein leichtes Löten der Masseverbindung. Als Filter werden die TV-*Start*-Tonfilter F201, F203 verwendet, die man aber neu bewickeln muß.
Nachstehend sind die Spulendaten für die 3 Bandfilter aufgeführt. Für T1 und T2 wurde der entsprechende Typ *GF 122* verwendet. Es lassen sich aber auch die Typen *GF 121, GF 130* und *AF 126* benutzen. Der Abgleich erfolgt am besten mit einem Wobbelsender mit Sichtgerät. Die Abgleichfrequenz ist 5,5 MHz.

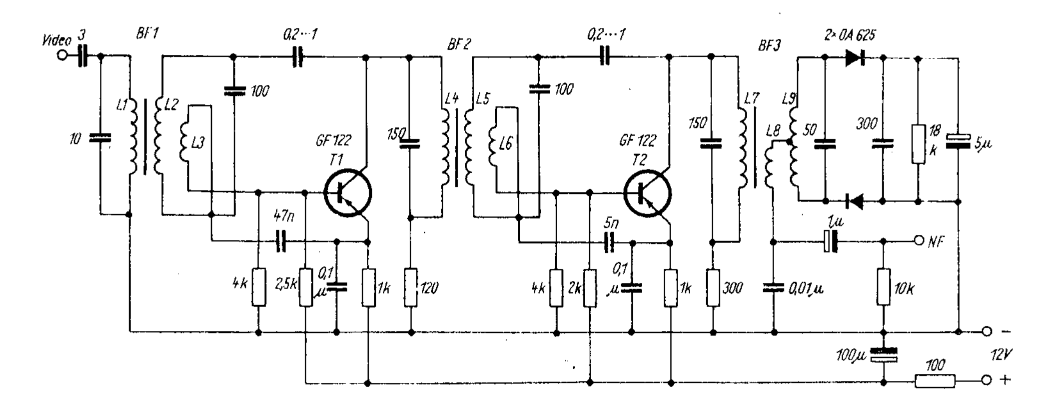


Bild 7,3 2stufiger Ton-ZF-Verstärker in Emitterschaltung

Spulendaten

BF1
L1 – 110 Wdg., 0,08-mm-CuL
L2 – 37 Wdg., 0,20-mm-CuL
L3 – 2,5 Wdg., 0,20-mm-CuL, über L2 wickeln
BF2
L4 – 30 Wdg., 0,20-mm-CuL
L5 – 37 Wdg., 0,20-mm-CuL
L6 – 4 Wdg., 0,20-mm-CuL, über L5 wickeln
BF3
L7 – 30 Wdg., 0,20-mm-CuL
L8 – 15 Wdg., 0,12-mm-CuL
L9 – 2 × 30 Wdg., 0,12-mm-CuL

7.4. Tonteil mit 2 Transistoren *GF 130*

Die Ton-ZF wird vor der Bildgleichrichtung ausgekoppelt und über einen Kondensator von 4,7 nF der Basis von T1 *(GF 130)* zugeführt. Über das Filter F101 gelangt das Signal an die Basis von T2 *(GF 130)*. Diese Stufe arbeitet als Begrenzer. Der Transistor T2 steuert das Ratiodetektorfilter F102 an. Nach der Demodulation durch 2 Dioden *OA 665* steht das NF-Signal zur Verfügung. Der Ton-ZF-Teil ist in gedruckter Schaltung aufgebaut. Bild 7.4 zeigt den Stromlaufplan des Tonteils.

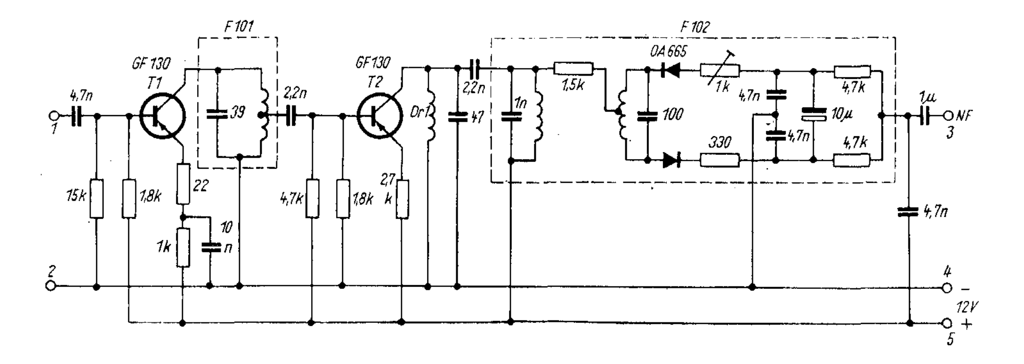


Bild 7.4 Ton-ZF-Verstärker mit 2 Transistoren *GF 130*

8. NF-Verstärker

Wie der röhrenbestückte Fernsehempfänger benötigt auch der Transistorfernsehempfänger ein Niederfrequenzverstärkerteil, damit die hinter dem Demodulator anliegende NF-Spannung von einigen Millivolt entsprechend verstärkt wird. An diesen Verstärker sind bestimmte Forderungen zu stellen.

- Er soll so wenig wie möglich das Netzteil bzw. die Batterie belasten.
- Er soll aber mindestens die Ausgangsleistung eines Kofferempfängers erreichen.

Im folgenden werden mehrere NF-Verstärker beschrieben, die sich in teil- bzw. volltransistorisierten Fernsehempfängern bewährt haben.

8.1. NF-Verstärker mit 2 Transistoren *GD 110*

Der NF-Verstärker (Bild 8.1) ist 3stufig aufgebaut. Er besteht aus Vorstufe, Treiberstufe und Gegentaktendstufe. Die vom Ratiodetektor gewonnene NF-Eingangsspannung wird mit P1 geregelt. Über einen Elektrolytkondensator von 10 μF gelangt die Eingangsspannung an die Basis des Vorstufentransistors *GC 101*. Der Treibertransistor ist über einen Kondensator von 10 μF an die Vorstufe angekoppelt. Als Treibertransformator Tr2 wird der Treibertransformator aus dem Autosuper *A 100* benutzt. Der Ausgangstransformator Tr1 ist gleichfalls aus diesem Autosuper. In der Treiberstufe setzt man den Transistor *GC 121* ein, der die Steuerleistung für die Endstufe aufbringen muß. Die Endstufe 2 *GD 110* wird über den Treibertransformator Tr2 angesteuert. Mit Hilfe von 2 Heißleitern HLS am Basisspannungsteiler erfolgt die Temperaturkompensation der Endstufe. Die Heißleiter sollen nach Möglich-

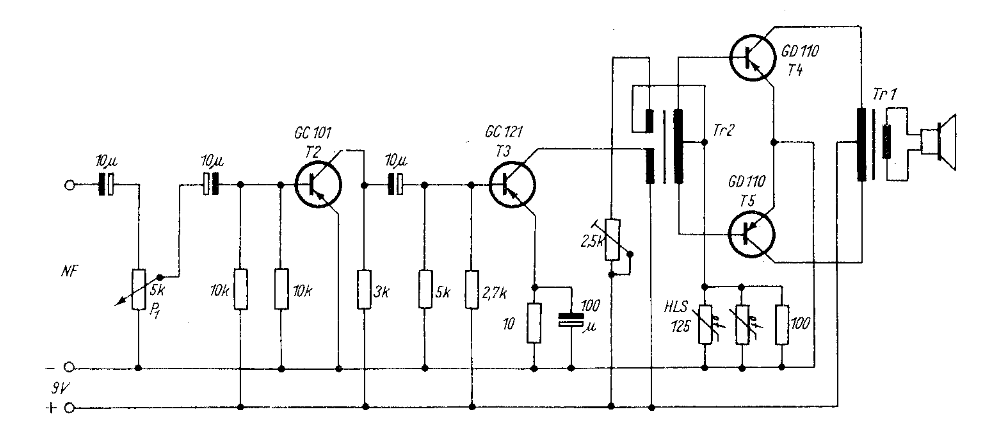


Bild 8.1 NF-Verstärker für eine Leistung von etwa 1,5 W

keit in der Nähe der Endstufentransistoren sitzen, damit sie die gleiche Temperatur wie die Transistoren annehmen. Die Endstufentransistoren sind isoliert auf einer Kühlfläche von etwa 40 cm^2 befestigt. Mit dem Einstellregler im Basisspannungsteiler wird der Arbeitspunkt der Endstufe eingestellt.

8.2. Eisenloser NF-Verstärker mit Komplementärendstufe

Da in einem Transistorfernsehempfänger jede Gewichtsminderung und Volumenverringerung von Bedeutung ist, soll die Schaltung eines eisenlosen NF-Verstärkers beschrieben werden. Auf Grund des fehlenden Übertragers wird die Grenzfrequenz durch die Transistoren und die Koppelkondensatoren bestimmt. Der Verstärker nach Bild 8.2 hat eine untere Grenzfrequenz von 60 Hz und eine obere von 24 kHz.
Die Endstufe ist als Komplementärendstufe ausgeführt. Das heißt, es wurden ein pnp-Transistor und ein dazu symmetrischer npn-Transistor verwendet. Durch diese Maßnahme läßt sich die Treiberstufe einfach aufbauen. Es wurden die Transistoren *AC 127* und *AC 132* eingesetzt. Als Vorstufe wird ein Transistor *OC 826* und als Treiberstufe ein *GC 121* verwendet. Die Basisspannung des *GC 121* läßt sich mit dem Einstellregler genau einstellen.
Die Betriebsspannung für die Endstufe beträgt 12 V. Für die Vor- und Treiberstufe wird die Spannung mit Hilfe eines Widerstands von 500 Ω auf etwa 8 V herabgesetzt und durch einen Kondensator von 100 μF geglättet. Der Ruhestrom der Endstufe beträgt 2 mA. Für die Endstufentransistoren ist ein Kühlblech von 25 cm^2 erforderlich. Die Ausgangsleistung beträgt etwa 1 W.

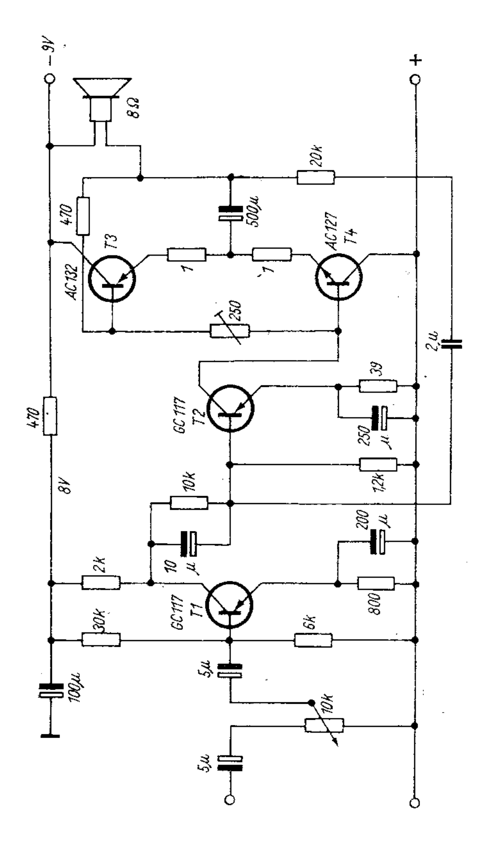


Bild 8.2 Eisenloser NF-Verstärker mit Komplementärendstufe

8.3. Direktgekoppelter NF-Verstärker

Der im folgenden beschriebene Verstärker ist eine 3stufige direktgekoppelte Eintakt-A-Ausführung. Bild 8.3 zeigt den Stromlaufplan des Verstärkers. Seine Transistoren T1 bis T3 sind galvanisch gekoppelt. Bei T1 handelt es sich um einen rauscharmen *GC 117c*. Um die Leistung für die Aussteuerung der Endstufe aufzubringen, ist ein Kleinleistungstransistor für T2 erforderlich, es wurde der Typ *GC 301* verwendet. Für die Endstufe T3 setzt man einen Transistor *GD 170* ein. Seine niederohmige Eingangsimpedanz wird durch den Treibertransistor T2 ausgeglichen, der als Transformationsglied dient. Eine Gegenkopplung von der Basis des T1 zum Emitter von T3 dient der Klangverbesserung sowie einer Stromregelung der Endstufe. Die Endstufe wird von der Basis von T1 angesteuert. Auf Grund dieser Schaltungsmaßnahme ist es nicht notwendig, den Verstärker zusätzlich mit temperaturabhängigen Bauelementen zu stabilisieren.
Die Lautstärke des Verstärkers läßt sich mit dem Potentiometer L regeln, eine Klangveränderung kann mit Potentiometer KL vorgenommen werden. Der Verstärker ist für eine Betriebsspannung von 12 V ausgelegt. Der Strom beträgt bei normaler Aussteuerung etwa 250 mA.

Der Aufbau – Der Verstärker ist in gedruckter Schaltung ausgeführt. Die Platte weist die Größe von 160 mm × 60 mm auf. Für die Transistoren T1 und T2 ist keine Kühlung notwendig, nur der Endstufentransistor T3 erfordert eine Kühlung. Dazu benutzt man ein Kühlblech von der Größe 150 mm × 150 mm, das rechtwinklig nach oben gebogen wird (Bild 8.4). Das Blech hat eine Dicke von 2 mm.
Der Ausgangstransformator ist auf einen Kern EI42 gewickelt.
Spulendaten
W1 – 130 Wdg., 0,5-mm-CuL
W2 – 150 Wdg., 0,5-mm-CuL

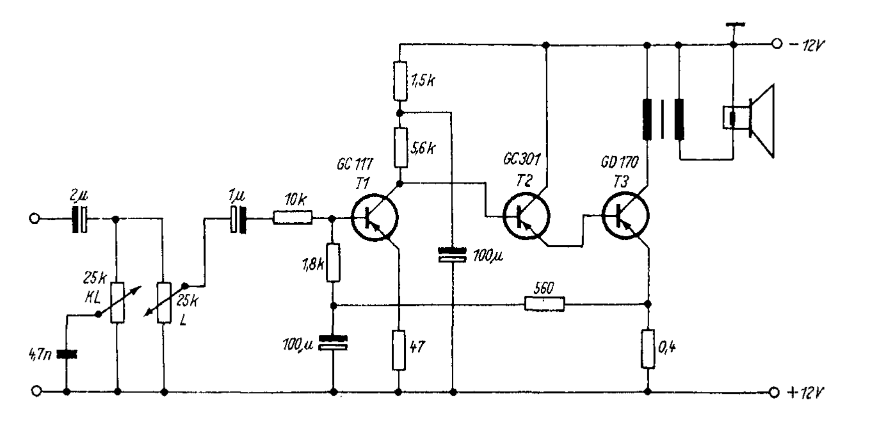


Bild 8.3 Direktgekoppelter 3stufiger NF-Verstärker, er hat im Eingang ein Klangregelnetzwerk

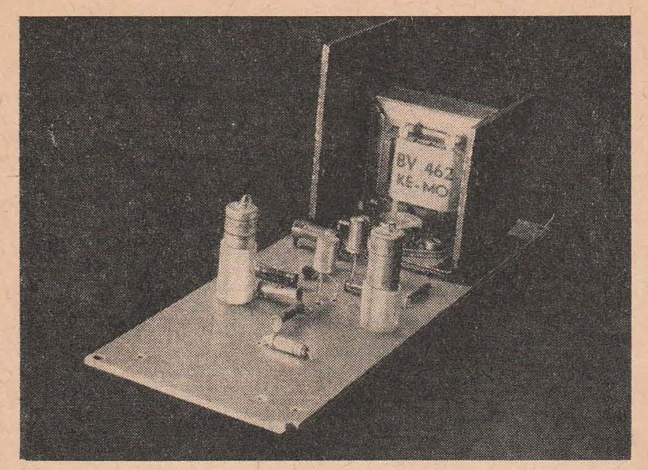


Bild 8.4 Ansicht des 3stufigen NF-Verstärkers; man erkennt gut die U-Form des Kühlblechs für die Endstufe

Der Transformator befindet sich zwischen den nach oben gebogenen Seiten des Kühlblechs hinter T3 und erhöht damit gleichzeitig die Kühlwirkung des Bleches.

9. Amplitudensieb

Um ein Fernsehbild einwandfrei empfangen zu können, sind Gleichlaufimpulse zur Synchronisation der Kippgeräte erforderlich. Diese Gleichlaufimpulse stehen, mit dem Bildsignal vermischt, in der Videoendstufe zur Verfügung. Damit die Gleichlaufimpulse vom Bildinhalt getrennt werden, ist eine Differenzierstufe erforderlich, die die Synchronsignale mit entsprechender Polarität für die Kippgeräte zur Verfügung stellt. Diese Stufe bezeichnet man als *Amplitudensieb.* In Bild 9.1 ist das Prinzip eines Amplitudensiebs dargestellt. Wie sich am RC-Glied R2/C2 erkennen läßt, wird die auch in der Röhrentechnik angewendete Audionschaltung benutzt. Ein Amplitudensieb kann 1- oder mehrstufig aufgebaut sein. Im folgenden Abschnitt werden verschiedene Ausführungen für Amplitudensiebe beschrieben.

9.1. Amplitudensieb mit npn-Transistor

Das Signalgemisch für ein 1stufiges Amplitudensieb wird im Kollektorspannungsteiler des Videoendstufentransistors

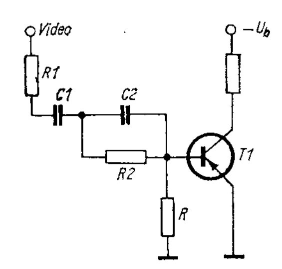


Bild 9.1 Prinzip eines Amplitudensiebs; es wird die altbekannte Audionschaltung angewendet, wie das RC-Glied R2/C2 erkennen läßt

abgegriffen. Über einen Koppelkondensator von 1 μF sowie eine RC-Kombination von 3,3 kΩ/10 nF gelangt das Signalgemisch an die Basis des Transistors T1. Am Kollektor werden Horizontalimpulse ausgekoppelt und über einen Kondensator von 1 μF der Phasenvergleichsstufe zugeführt. Die Vertikalimpulse siebt ein RC-Netzwerk aus. Sie werden an die Basis des Transistors des Vertikaloszillators gelegt.
Bild 9.2 zeigt den Stromlaufplan des Amplitudensiebs.
Als Transistor wird ein npn-Typ verwendet. Besonders geeignet sind die sowjetischen Transistoren MП 38, П 9A und MП 10. Auch andere Importtypen sind verwendbar (z. B. *AC 127, OC 139*). Die aus der ČSSR erhältlichen npn-NF-Transistoren lassen sich meist auch einsetzen.
Der Aufbau erfolgt am besten mit der Videostufe zusammen auf einem Streifen kupferkaschiertem Halbzeug.

9.2. 3stufiges Amplitudensieb

Am Kollektor des Videotreibertransistors wird ein von der Kontrastregelung unabhängiges Videosignal für das Amplitudensieb abgenommen. Der Transistor T1 des Amplituden-

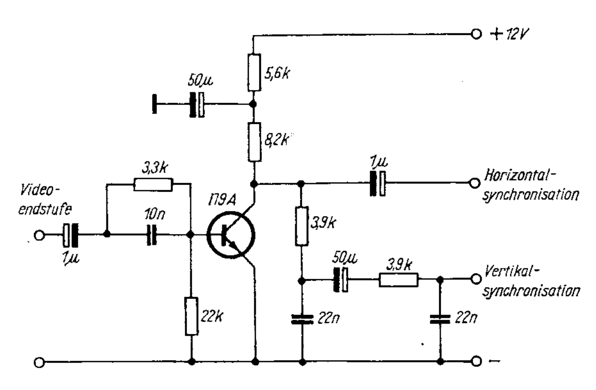


Bild 9.2 Amplitudensieb mit einem npn-Transistor

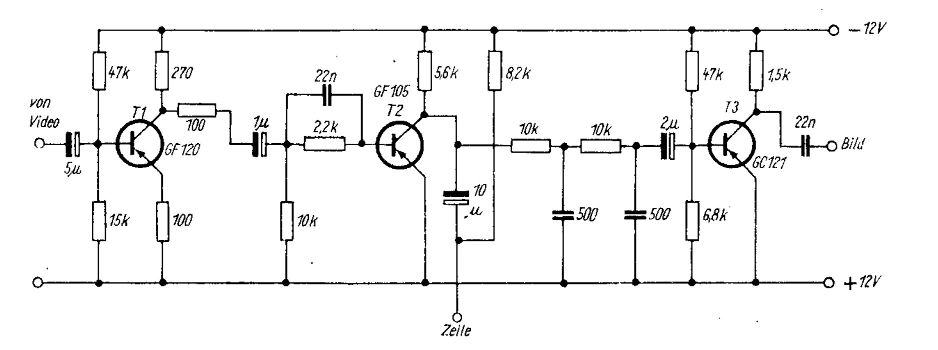


Bild 9.3 Amplitudensieb mit 3 Transistoren. T3 verstärkt noch extra die Bildimpulse, die dann kapazitiv an die Basis des Bildsperrschwingers angekoppelt werden

siebs ist ein *GF 120*. Er begrenzt alle Impulsstörungen, die das Nutzsignal übersteigen. Am Kollektor von T1 steht das Signal an einem niederohmigen Widerstand (270 Ω) – verstärkt und in der richtigen Polarität – für die Abtrennung der Synchronzeichen im nachfolgenden T2 *(GF 105)* zur Verfügung. Die Ankopplung wurde so gewählt, daß durch sie Impulsstörungen größerer Amplituden nochmals unterdrückt werden. Man erhält dadurch am Kollektor von T2 ein vom Bildinhalt befreites Impulsgemisch. Bild- und Zeilenimpulse werden getrennten Stufen zugeführt. Ein 2stufiges Integrationsglied trennt die Bildimpulse von den Zeilenimpulsen. Der Transistor T3 *(GC 121)* verstärkt die Bildimpulse, die dann kapazitiv an die Basis des Bildsperrschwingers angekoppelt werden. Die Zeilenimpulse führt ein Kondensator von 10 μF der Basis des Phasenvergleichstransistors in der Horizontalablenkung zu. Die Betriebsspannung beträgt 12 V.
Bild 9.3 zeigt den Stromlaufplan des 3stufigen Amplitudensiebs.
Der Aufbau – Da das Amplitudensieb relativ kleine Abmessungen aufweist, baut man es im allgemeinen mit dem Videoverstärker auf eine gemeinsame Platte, vorausgesetzt, es wird die Bausteintechnik angewendet. Dieses Amplitudensieb wurde ebenso wie der Videoverstärker in gedruckter Schaltung ausgeführt.

10. Regelspannungserzeugung

Da man Fernsehempfänger bei unterschiedlichen Empfangsbedingungen betreibt, ist eine automatische Verstärkungsregelung erforderlich. Im folgenden soll eine getastete Regelung beschrieben werden, bei der der 1. ZF-Transistor abwärts geregelt wird.

10.1. Abwärts- und Aufwärtsregelung

Die Regelung eines Transistors bedeutet Regelung seiner Verstärkung. Bei hochfrequenten Verstärkern heißt das: Regelung der Steilheit. Die Steilheit eines Transistors hängt vom Arbeitspunkt ab. Bei den modernen diffusionslegierten Transistoren und ähnlichen Typen ist die Arbeitspunktabhängigkeit der Steilheit etwas komplizierter als bei älteren Typen.

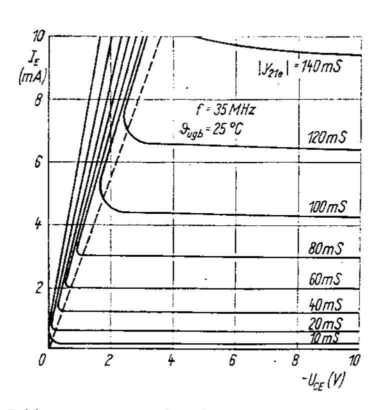


Bild 10.1 Kurvenschar für einen HF-Transistor bei f = 35 MHz; die Regelung rechts der gestrichelten Linie bezeichnet man als Abwärtsregelung, links als Aufwärtsregelung

Bild 10.1 zeigt eine Kurvenschar für konstante Steilheit im $I_E/-U_{CE}$-Feld eines Transistors. Bei konstanter Kollektorspannung steigt zunächst die Steilheit mit dem Emitterstrom an. Dann aber wird ein Maximum erreicht, und die Steilheit nimmt wieder ab. Im wesentlichen ist diese Abnahme durch die Verringerung der Grenzfrequenz des Transistors mit wachsendem Emitterstrom bedingt. Da die Verstärkung etwa proportional der Steilheit ist, kann man sowohl eine Regelung mit zunehmendem als auch mit abnehmendem Emitterstrom durchführen.
Die Regelung im Bereich ungefähr rechts der gestrichelten Linie bezeichnet man mit *Abwärtsregelung*, die Regelung links von der gestrichelten Linie mit *Aufwärtsregelung*. Sowohl mit der Abwärtsregelung als auch mit der Aufwärtsregelung sind einige Probleme verbunden, und die Entwicklung von amateurgerechten Regelschaltungen kann im Hinblick auf Optimallösungen sicherlich noch nicht als abgeschlossen gelten.

10.2. Regelprinzip

Mit Hilfe der Regelung möchte man zunächst erreichen, daß die Trägeramplitude am Videodetektor annähernd konstant bleibt. Dafür zieht man meist die Zeilensynchronimpulse zur Erzeugung der Regelspannung der Bildeinheit heran, und eventuell auftretende Störspannungsspitzen werden „ausgetastet". Den Regelvorgang selbst teilt man in 2 Abschnitte ein. Bei wachsender Antennenspannung wird zuerst die ZF-Verstärkung herabgesetzt. Diese Regelung läßt man verzögert einsetzen, um die Proportionalität des Signal/Rausch-Abstands zur Antennenleistung nicht zu beeinträchtigen. An einem bestimmten Punkt ist das Signal am Eingang der Mischstufe so groß, daß Verzerrungen auftreten. Vor diesem Punkt soll die Regelung der Vorstufe im Tuner einsetzen.

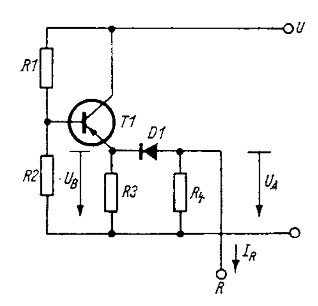


Bild 10.2 Prinzip der Regelung des 1. ZF-Verstärkers

10.2.1. Regelung der 1. ZF-Stufe

Bild 10.2 zeigt schematisch die Gleichstromschaltung des zu regelnden 1. ZF-Transistors. Es wird zunächst angenommen, daß kein Regelstrom fließt und der Widerstand R3 viel größer als R4 ist. R4 stellt den beim normalen ungeregelten Transistor wirksamen Emitterwiderstand dar, die Diode ist leitend. Bei wachsendem Regelstrom I_R in der angegebenen Richtung verringern sich Emitter- und Diodenstrom, und zwar so lange, bis der Widerstand der Diode sehr groß wird und R3 den Strom übernimmt. Die Diode sperrt schließlich völlig, und der Arbeitspunkt des Transistors wird ausschließlich von dem großen und daher gut stabilisierenden Widerstand R3 bestimmt. Voraussetzung dafür ist die Verwendung einer Diode mit sehr kleinem Sperrstrom (Siliziumdiode).

10.2.2. Regelung des Tunertransistors

In Bild 10.3 ist die Prinzipschaltung für einen aufwärtsgeregelten Transistor angegeben. Mit wachsender (negativer) Spannung U_A wird der Transistor immer stärker leitend, so daß er schnell in den Bereich abnehmender Verstärkung gelangt. Bei der Dimensionierung der Wider-

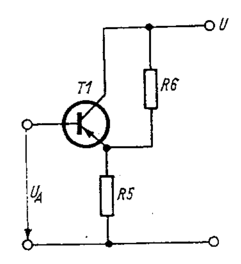


Bild 10.3 Prinzipschaltung für einen aufwärtsgeregelten Transistor

stände ist der Anfangspunkt der Regelung im Zusammenhang mit der gesamten Regelschaltung zu berücksichtigen. Im ungeregelten Zustand muß also die Spannung an der Basis gleich der Spannung an R4 (Bild 10.2) sein.

10.3. Verstärkungsregelung mit 2 Transistoren *GC 116*

Im folgenden wird als Beispiel einer Regelung die Regelschaltung des Kofferempfängers *K 67* beschrieben (Bild 10.4). Der ZF-Verstärker ist mit 4 Transistoren *GF 128* aufgebaut. Der Transistor *GF 128* eignet sich nur bedingt für eine Abwärtsregelung. Diese Regelungsart ist aber in ihrem Regelumfang unzureichend. Es war daher erforderlich, ein automatisch gesteuertes Dämpfungsglied im Eingang des Bild-ZF-Verstärkers anzuordnen. Dafür wurde eine Diode vom Typ *OA 741* verwendet.
Innerhalb der Brückenschaltung wird diese Diode durch den als Regelleistungsverstärker geschalteten Transistor T1 *(GC 116c)* zwischen Durchlaß- und Sperrbereich gesteuert. Die an der Diode liegende Spannung ist bei kleinen Antennenspannungen positiv und wird bei großen Spannungen negativ. Entsprechend ändert sich der Widerstand der Diode. Die Regelspannungserzeugung erfolgt nach dem Prinzip der getasteten Regelung. In der Taststufe ist der Transistor T2 *(GC 116b)* angeordnet. Das

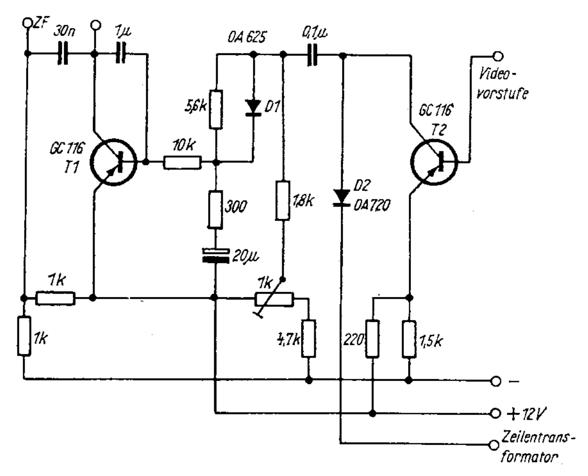


Bild 10.4 Regelschaltung des Kofferempfängers *K 67*

BAS-Signal wird an der Videotreiberstufe abgenommen und der Basis des T2 zugeführt. Einer Zusatzwicklung des Zeilentransformators entnimmt man den Zeilenrücklaufimpuls und führt ihn über die Diode D2 *(OA 720)* dem Kollektor des Tasttransistors T2 zu. Durch diese Diode wird der Kollektor während der Zeit der Impulsspannung von Masse getrennt. Der Arbeitspunkt der Taststufe ist so gelegt, daß nur die Synchronimpulse des BAS-Signals in den Kennlinienbereich hineinragen. Regelleistungsverstärker und Taststufe sind kapazitiv miteinander gekoppelt. Dadurch wird eine große Stabilität bei thermischer Beeinflussung der Taststufe erreicht. Die Wiedergewinnung des Gleichstromanteils, der für die Steuerung des Regelleistungsverstärkers erforderlich ist, erfolgt mit Hilfe einer Diodenschaltung D1. Mit dem Einstellregler von 1 kΩ wird der Arbeitspunkt der getasteten Regelung eingestellt. Zur Verwirklichung einer möglichst kleinen Zeitkonstante (die Voraussetzung für ein schnelles Reagieren der Regelschaltung bei plötzlichen Änderungen zwischen kleinen

und großen Antennenspannungen ist) erfolgt über den 1-μF-Kondensator eine starke Gegenkopplung. Dadurch wird die wirksame Regelspannung nicht störend vom Bildinhalt und von den Zeilenimpulsen beeinflußt. Der erzielte Regelumfang beträgt etwa 60 dB. Eine nennenswerte Verformung der Durchlaßkurve tritt dabei nicht auf. Eine Regelung des Kanalwählers erfolgt im *K 67* nicht.

11. Vertikalablenkung

Die Vertikal- oder Bildablenkung liefert den Ablenkstrom für die Bildröhre, um das Bild in vertikaler Richtung voll auslenken zu können. Die Bildablenkung besteht aus 3 Stufen (Sperrschwinger, Treiber und Bildendstufe).
Das Prinzip des Sperrschwingers zeigt Bild 11.1. Er liefert ein Sägezahnsignal: Dieses Signal wird in der Treiberstufe weiter verstärkt und steuert die Endstufe.

11.1. Vertikalablenkung mit 3 Transistoren

Der Transistor T1 *(GC 301)* arbeitet als Bildsperrschwinger. Er wird durch den NTC-Widerstand temperaturstabilisiert. Eine Wicklungsanzapfung des Sperrschwingertransformators liefert Impulse, die den Treiber T2 *(GC 301)* der Bildablenkstufe über die Koppeldiode *OA 780* periodisch sperren. Treiber- und Endstufentransistor T3 arbeitet in einer abgewandelten *Miller*-Integratorschaltung. Der diese Schaltung kennzeichnende Ladekondensator zwischen Ein-

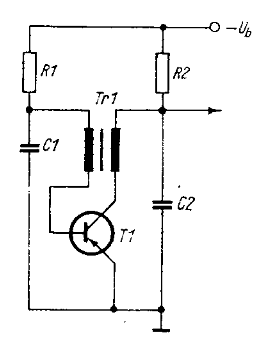


Bild 11.1 Prinzip des Sperrschwingers

gang und Ausgang ist durch ein RC-Netzwerk ersetzt. Durch die Regler 250 Ω und 2,5 kΩ lassen sich der Arbeitspunkt einstellen und die Gesamtlinearität verändern. Die in Reihe geschalteten 10-μF-Kondensatoren erscheinen am Eingang um den Verstärkerfaktor T2/T3 vergrößert. Die Zeitkonstante aus der wirklichen Kapazität und dem Ladekondensator ergibt während des Hinlaufs einen annähernd zeitlinearen Spannungsanstieg am Eingang des Treibers. Durch den am Ende der Periode erscheinenden Sperrimpuls beginnt der Stromanstieg im Endstufentransistor T3 *(ASZ 1015)* bei etwa 0. Die Temperaturabhängigkeit dieser Stufe vermindert sich dadurch wesentlich. Das Ablenksystem wird durch den Übertrager Tr2 an den Endtransistor T3 angepaßt. Die Sekundärseite von Tr2 liefert einen Impuls großer Amplitude, der eine sichere Austastung des Bildrücklaufs gestattet. Bild 11.2 zeigt den Stromlaufplan.

Der Aufbau – Die Vertikalablenkung ist in gedruckter Schaltung aufgebaut. Als Transformator Tr1 kann der Treibertransformator *K20* des Transistorkofferempfängers *Sternchen* verwendet werden. Die Bildfrequenz stellt man mit dem 2,5-kΩ-Potentiometer ein. Mit den Einstellreglern werden Bildhöhe und Bildlinearität geregelt. In der Endstufe kann man für den Transistor *ASZ 1015* auch die Typen *GD 220, OC 26, AD 149* und П 210 verwenden. Steht keiner dieser Transistoren zur Verfügung, so läßt sich bei einer Kühlfläche von 100 cm^2 auch der *GD 180* einsetzen.

11.2. Vertikalablenkung mit eisenloser Endstufe

Die beschriebene Vertikalablenkungsschaltung arbeitet nach dem Prinzip der eisenlosen Endstufen. Die Schaltung enthält 4 Transistoren und 1 Diode. Die Schaltstufe ist anschwingsicher und impulsbreitenstabilisiert. Weiterhin gestattet sie das Einstellen der Amplitude, ohne daß sich – wie das für selbstschwingende Schaltungen oft

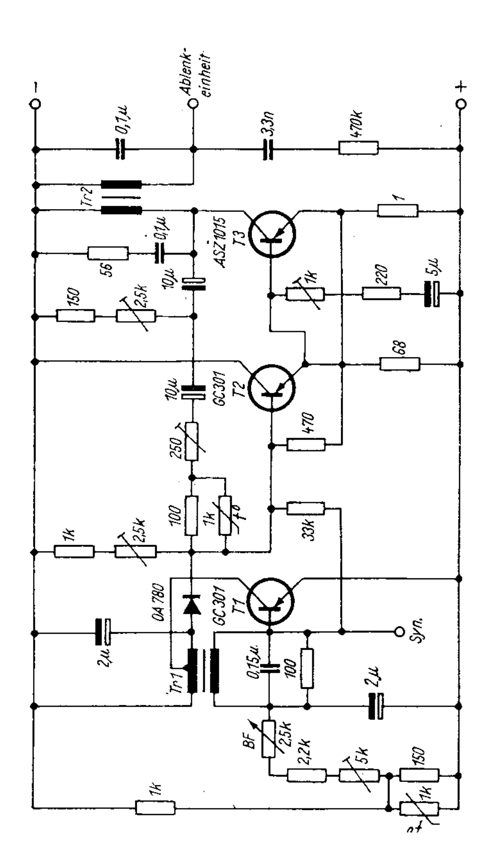


Bild 11.2 Vertikalablenkung für eine Bildröhre bis zu einer Schirmdiagonale von 47 cm

charakteristisch ist – die Frequenz ändert. Gleichzeitig wird eine hohe Unabhängigkeit der Frequenz von der Temperatur erreicht.

11.2.1. Schaltstufe

Bild 11.3 zeigt den Stromlaufplan der Vertikalablenkung. Die Schaltstufe – mit dem Transistor T1 bestückt – ist nach dem Prinzip des Sperrschwingers aufgebaut. Sie wird über ein Rückkopplungsnetzwerk, das aus einer Reihenschaltung von Kondensatoren und Widerständen besteht, vom Ausgang her angesteuert. Der Widerstand, der die Frequenz bestimmt, ist nicht an die Speisespannung U_b, sondern an eine Hilfsspannung angeschlossen. Die Hilfsspannung wird durch Gleichrichtung der Rückschlagspannung der Vertikalspule gewonnen. In Reihe mit der Diode D, die die Hilfsspannung erzeugt, ist noch ein Widerstand von 220 Ω geschaltet. Dieser Widerstand hat folgende Aufgabe: Kurz nachdem die Speisespannung eingeschaltet wurde (in der Zeit also, in der die Hilfsspannung abklingt) und bevor die Schwingung einsetzt, liegt an den Emittern der beiden Endstufentransistoren T3 und T4 die volle Speisespannung. Diese Spannung ist aber größer als die entsprechende Spannung, die im schwingenden Zustand auftritt. Schwingt nun die Schaltung an, so wird im ersten Augenblick eine zu große Hilfsspannung erzeugt. Das ergibt eine erhöhte Frequenz. Die Hilfsspannung kann, da sie von einem überhöhten Wert aus absinken muß, nicht schnell genug folgen. Die Schwingung reißt ab. Mit dem 220-Ω-Widerstand wird jedoch diese Überhöhung der Hilfsspannung beim Schwingeinsatz verhindert.

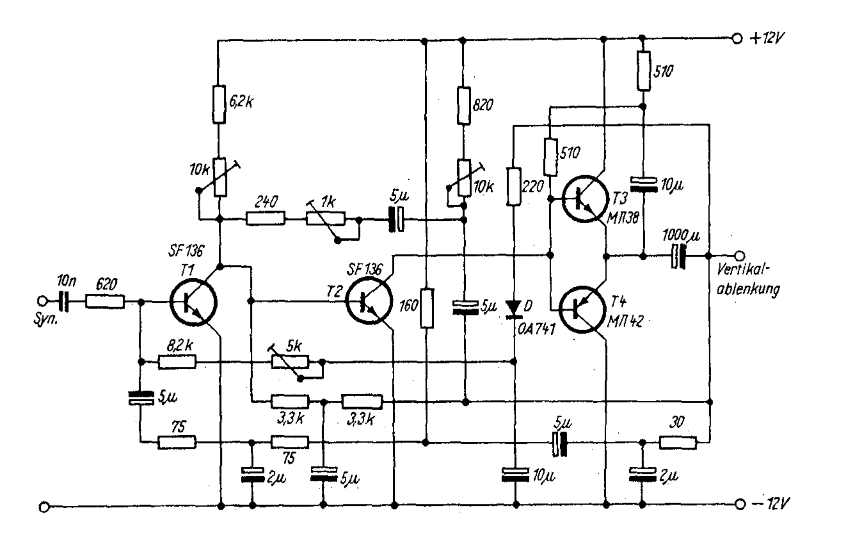


Bild 11.3 Vertikalablenkung mit Siliziumtransistoren in der Vorstufe und einem Komplementärpaar in der Endstufe

11.2.2. Treiber- und Endstufe

Es handelt sich um eine von der NF-Technik her bekannte Endstufe mit 2 Komplementärtransistoren, T3, T4, und kapazitiv angekoppeltem Lastwiderstand.
Der Treibertransistor T2 arbeitet zusammen mit dieser Endstufe als *Miller*-Integrator. Dabei wird die integrierende Kapazität nicht zwischen Basis und Masse, sondern zwischen Kollektor und Basis eines Transistors – im vorliegenden Fall des Treibertransistors T2 – eingeschaltet. Da die Endstufe in Kollektorbasisschaltung arbeitet, die Ausgangsspannung also mit der Kollektorspannung des Treibers übereinstimmt, wurde die Kapazität C des *Miller*-Integrators an den Schaltungsausgang angeschlossen. Dadurch wird der Treibertransistor nur mit einem Teil von C belastet. Das ist deshalb von Bedeutung, weil die erforderliche etwa sägezahnförmige Ansteuerspannung des Treibertransistors sonst nicht schnell genug vom Maximalwert zum Anfangswert springen könnte. Für die Erzeugung der Ansteuerspannung gibt es viele Möglichkeiten, jedoch läßt sich bei der *Miller*-Integration eine besonders einfache und sehr linear arbeitende Schaltung aufbauen.

11.2.3. Synchronisation

Zur Einspeisung der Synchronisationsimpulse bietet sich die Basis des Schalttransistors T1 an. Andere Schaltungspunkte sind kaum geeignet. Zwischen dem Schaltpunkt im Fernsehempfänger, von dem der Vertikalsynchronimpuls abgenommen wird, und der Basis des Schalttransistors ist eine RC-Reihenschaltung eingefügt, deren Kapazität in erster Linie eine gleichspannungsmäßige Trennung bewirken soll.
Für die Kapazität wählt man einen Wert, der eine möglichst kleine Zeitkonstante ergibt, ohne daß der Synchronimpuls beeinträchtigt wird. Die Größe des Widerstands richtet sich danach, wie fest die Synchronisation sein soll.

Dieser ist aber noch von der Art der Impulsgewinnung abhängig. Aus diesem Grund gelten die angegebenen Werte nur als Richtwerte.

Die Transistoren – Um eine gute Stabilität der Schaltung zu erreichen, werden für die Transistoren T1 und T2 Siliziumtransistoren des Typs *SF 136* verwendet. Es ist aber auch der Typ *SF 132* brauchbar; weiterhin eignen sich noch die Importtypen *BC 131, BC 130, BC 108* und *BC 109.* In der Endstufe wird ein Komplementärpaar verwendet. Für T3 und T4 wurden die sowjetischen Typen *MП 38* und *MП 42* benutzt.
Diese Typen lassen sich durch die Transistoren *AC 127/AC 128* und *AC 175/AC 117* austauschen.

Der Aufbau – Die Schaltung (Bild 11.4) wurde als Muster in gedruckter Schaltungstechnik aufgebaut. Die Leiterplatte hat eine Größe von 50 mm × 90 mm (bei Verwendung von Kleinbauteilen). Die Transistoren T3 und T4 sind auf einem Kühlblech befestigt, das die gleiche Größe wie die gedruckte Leiterplatte aufweist und in etwa 1 cm Abstand parallel unter ihr angebracht ist. Für den Elektrolytkondensator von 1000 μF wurden 2 Kondensatoren von 500 μF/10 V verwendet. Die Betriebsspannung beträgt etwa 11 V.

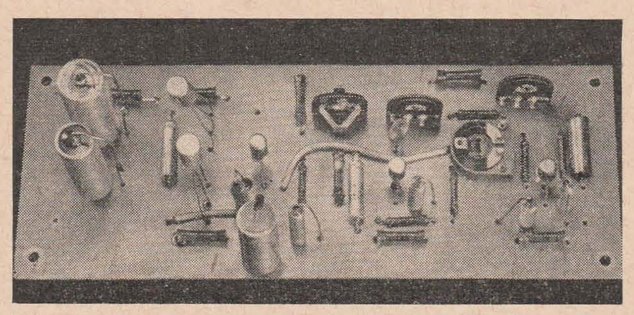


Bild 11.4 Vertikalablenkung nach Bild 11.3, in gedruckter Schaltung aufgebaut

12. Horizontalablenkung

Die am schwierigsten zu lösende Aufgabe beim Bau eines volltransistorisierten Fernsehempfängers ist die Horizontalablenkung. In dieser Stufe werden die Horizontalablenkungsspannung für die Bildröhre und die Hochspannung von etwa 10 kV erzeugt. Gleichzeitig liefert der Zeilenausgangstransformator einige Spannungen, die zum Betrieb der Bildröhre sowie der Videoendstufe erforderlich sind. Die Horizontalablenkung besteht aus mehreren Baustufen. Als erste sei der Phasendiskriminator erwähnt. Er kann mit einem Transistor oder mit 2 Dioden aufgebaut werden. Die Diodenschaltung gleicht der aus der Röhrentechnik bekannten. Lediglich die elektrischen Werte sind unterschiedlich, d. h., sie müssen den niedrigen Impedanzen der Transistorstufen angepaßt sein. Der Horizontaloszillator ist fast immer der bekannte Sperrschwinger (Bild 12.1). Er kann relativ leistungsschwach und frequenzstabil aufgebaut werden. Über eine besondere Wicklung seines Schwingtransformators wird die folgende Stufe – die Treiberstufe – angesteuert. Die Treiberstufe ist ein Impulsverstärker, der die Steuerleistung für die Endstufe aufbringen muß (Bild 12.2). Des weiteren soll

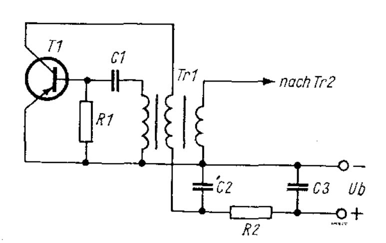


Bild 12.1 Prinzipschaltung eines Sperrschwingers; viele Oszillatoren in der Horizontalablenkung arbeiten nach diesem Prinzip

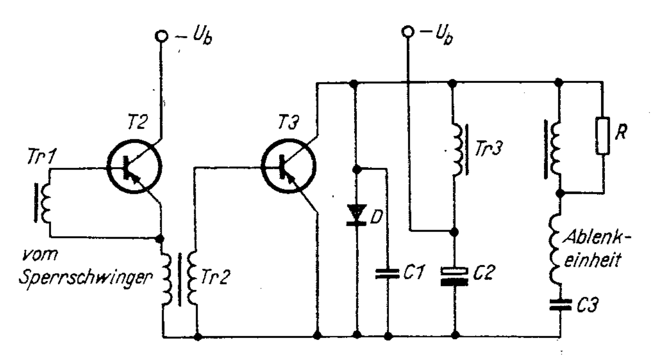


Bild 12.2 Prinzipschaltung der Horizontaltreiber- und Endstufe; D stellt die Stromrückgewinnungsdiode dar; der Kondensator C1 bestimmt die Rücklauffrequenz; die Ablenkeinheit ist an eine Hilfswicklung des Zeilentransformators angeschlossen

die Treiberstufe Rückwirkungen auf den Sperrschwinger verhindern. Vom Treibertransistor wird über einen kleinen Transformator die Leistungsendstufe angesteuert. Sie arbeitet als Leistungsschalter. Parallel zum Transistor liegen der Zeilenausgangstransformator sowie die erforderliche Schaltdiode. Die Ablenkeinheit kann an einen Abgriff des Zeilentransformators angeschlossen werden, oder sie wird über einen Kondensator direkt an den Kollektor des Transistors der Horizontalendstufe gelegt. Die Hochspannung sowie die verschiedenen Hilfsspannungen entnimmt man entsprechenden Wicklungen des Zeilenausgangstransformators.

12.1. Transistoren für die Horizontalablenkung

In der Phasenvergleichsstufe lassen sich alle NF-Transistoren mit etwas höherer Grenzfrequenz einsetzen. Oft wird auch der gleiche Typ wie beim Oszillator verwendet. Für den Sperrschwinger sind z. B. die Transistoren *GC 301, AC 128, OC 80, OC 77, OC 829* und *AC 117* brauchbar; gleichzeitig lassen sich diese Transistortypen auch für die

Treiberstufe verwenden. Aber es gibt auch Transistoren, die speziell für die Treiberstufe entwickelt wurden (z. B. *AU 102, П 601, П 602*). Am schwierigsten ist es, einen entsprechenden Transistor für die Zeilenendstufe zu finden, da er bestimmte Grenzwerte aufweisen muß:

- Die Durchbruchspannung soll möglichst hoch sein, mindestens $U_{CE} = 120$ V.
- Es ergeben sich Spitzenströme bis etwa 10 A.
- Die Schaltzeiten (durch die Fernsehnorm bedingt) müssen sehr kurz sein; das erfordert eine hohe Grenzfrequenz.

Tabelle 12.1. enthält einige wichtige Grenzdaten der gebräuchlichsten Transistoren für Zeilenendstufen.

Tabelle 12.1. Daten der Transistoren für Zeilenendstufen

Typ	U_{CE} in V	I_C in A	U_{EB} in V	W
AU 101	—120	—10	— 1	10
AU 103	—155	—10	— 1	10
2 N 3731	—320	—10	— 2	5
TA 1928 A	—320	—10	— 2	5
П 210 A	— 65	—12	—	60
KT 802	—130	— 5	—	50
ASZ 1015	—100	— 8	—40	30

Die Transistoren *ASZ 1015* und *П 210 A* lassen sich nur bedingt einsetzen, da sie nicht für diesen Zweck vorgesehen sind: Ihre Grenzfrequenz liegt bei etwa 5 kHz. Deshalb lassen sich mit diesen Transistoren bei 15 kHz keine größeren Impulsleistungen schalten. Um die Forderung $U_{CE} = 120$ V bei den Transistoren *ASZ 1015* und *П 210 A* zu erfüllen, werden 2 Transistoren des jeweiligen Typs hintereinandergeschaltet.

Im Mustergerät wurde ein gerade vorhandener RCA-Transistor *2N 3731* verwendet.

12.2. Horizontalablenkung mit *ASZ 1015 (П 210)*

Bei dieser Schaltung werden in der Horizontalendstufe 2 Transistoren *ASZ 1015* verwendet, die in Reihe geschaltet sind. Gleich gut läßt sich der sowjetische Transistor *П 210* einsetzen.

Die Schaltung – Der Horizontaloszillator ist als Sperrschwinger mit dem Transistor T1 *(GC 122)* aufgebaut. Der Transformator Tr 1 hat einen Schalenkern. Die Frequenzregelung erfolgt durch 2 Potentiometer in der Versorgungsspannungszuführung. Diese Regelung bringt keine Nachteile. Die Synchronisation erfolgt über einen Kondensator von 50 pF direkt am Kollektor von T1. Der Wicklung W3 des Transformators Tr 1 wird die Spannung zur Ansteuerung des Treibertransistors T2 *(GC 301)* entnommen. Im Kollektorkreis von T2 liegt der Treibertransformator Tr 2. Er steuert über die bifilaren Wicklungen W2 und W3 die Endstufentransistoren T3 und T4 (je 1 *ASZ 1015*) an. Die Wicklung W1 des Zeilentransformators Tr 3 ist mit den Transistoren T3 und T1 parallelgeschaltet. Parallel zur Wicklung W1 von Tr 3 liegt ebenfalls die Wicklung der Ablenkeinheit. Der Zeilentransformator liefert weiterhin die Betriebsspannung von 500 V für die Bildröhre und die Hochspannung von etwa 8 kV. Darüber hinaus wird Tr 3 noch eine Spannung von etwa 80 V für die Videoendstufe entnommen. Bild 12.3 zeigt den Stromlaufplan.

Der Aufbau – Die Transistoren T1 und T2 sind mit ihren Schaltelementen in gedruckter Schaltung aufgebaut. T1 und T2 versieht man mit einfachen Kühlfahnen, damit Überlastungen vermieden werden. Die Wickeldaten für Tr 1 bis Tr 3 sind der folgenden Aufstellung zu entnehmen.

Für Tr 1 und Tr 2 werden Schalenkerne 12 × 22 verwendet (A_L-Wert ≈ 1000). Für Tr 3 benutzt man einen U-Kern, wie er für Zeilentransformatoren üblich ist.

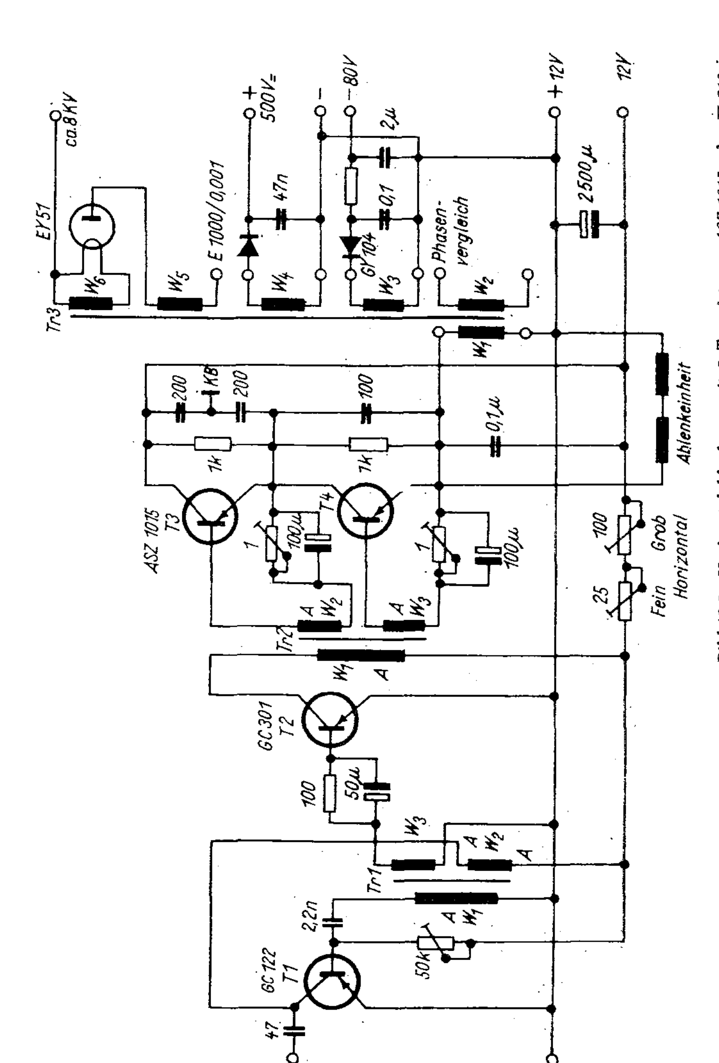


Bild 12.3 Horizontalablenkung mit 2 Transistoren *ASZ 1015* oder П *210* in der Endstufe

Spulendaten

Transformator Tr 1
W1 – 60 Wdg., 0,3-mm-CuL
W2 – 40 Wdg., 0,3-mm-CuL
W3 – 40 Wdg., 0,3-mm-CuL

Transformator Tr 2
W1 – 40 Wdg., 0,3-mm-CuL
W2 – 4 Wdg., 0,5-mm-CuL, bifilar gewickelt
W3 – 4 Wdg.

Transformator Tr 3
W1 – 20 Wdg., 0,8-mm-CuL
W2 – 25 Wdg., 0,15-mm-CuL
W3 – 30 Wdg., 0,3-mm-CuL
W4 – 250 Wdg., 0,15-mm-CuL
W5 – Original-110°-HV-Wicklung
W6 – 5 Wdg., 0,2-mm-CuL, HV-Isolation

Die Transistoren T3/T4 werden isoliert auf ein Kühlblech von etwa 250 cm² montiert. Zum Ausgleich von Unsymmetrien zwischen T3 und T4 sind Symmetrierglieder erforderlich, die auch Montagekapazitäten zwischen dem Kühlblech KB und den Transistoren T3/T4 beseitigen.

12.3. Horizontalablenkung mit *AU 103*

Bei dieser Horizontalablenkung wird in der Endstufe ein Spezialtransistor verwendet. Dadurch werden die Nachteile beseitigt, die bei der Horizontalablenkung nach Abschnitt 12.2. auftreten.

12.3.1. Phasenvergleichsstufe

Der Phasendetektor mit dem Transistor T1 vergleicht die negativen Synchronimpulse mit den aus der Endstufe rückgeführten differenzierten Rücklaufimpulsen.

Über eine RC-Kombination werden die durch eine Diode beschnittenen Rücklaufimpulse dem Emitter von T1 zugeführt. Am Kollektor baut sich dann eine Regelspannung auf, die man zur Frequenzregelung des Sperrschwingers benutzt. Stabilisiert wird diese Frequenzregelung noch durch einen Schwungradkreis. Als Transistor T1 setzt man den *GC 301* ein.

12.3.2. Oszillator

Zur Erzeugung der Horizontalfrequenz wird ein Sperrschwingeroszillator mit dem Transistor T2 *(GC 301)* verwendet. Der Schwingtransformator ist auf einen Kern *E20* gewickelt. Die am Kollektor von T2 auftretenden Selbstinduktionsspitzen beim Sperren des Transistors werden durch ein RC-Glied begrenzt. Über die 3. Wicklung des Tr1 wird der Treibertransistor T3 *(GC 301)* angesteuert.

12.3.3. Treiberstufe

Der Treibertransistor T3 arbeitet als Schalter; er ist leitend, wenn der Transistor T4 in der Endstufe sperrt.
Im Sperrzustand des Treibertransistors entlädt sich die in der Primärwicklung des Treibertransformators gespeicherte magnetische Energie über die Sekundärwicklung in den Basiskreis des Endstufentransistors, so daß dieser leitet. Eine günstige Anpassung des Basiskreises der Endstufe an den Treibertransistor erhält man mit einem Übersetzungsverhältnis 4 : 1. Als Transformator eignet sich ein Kern *E30*.

12.3.4. Horizontalendstufe

In der Horizontalendstufe muß der Transistor eine große Schaltleistung aufbringen. Der berechnete Wert nach [9]

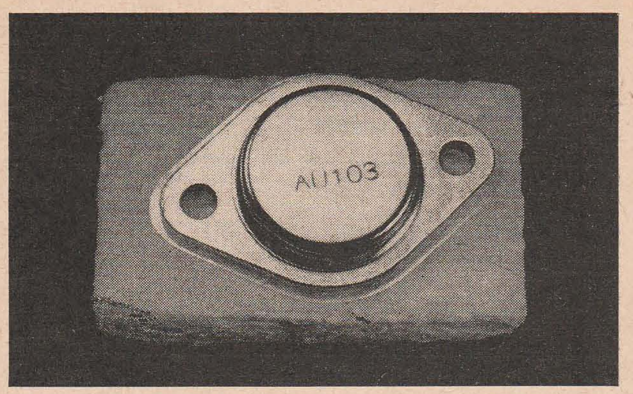


Bild 12.4 Spezialtransistor *AU 103* für die Horizontalendstufe

für einen Endstufentransistor ergibt in diesem Fall

$$P_{max} = 1200 \text{ VA}.$$

Um diese Leistung zu schalten, ist ein Spezialtransistor für Horizontalendstufen erforderlich. Besonders eignet sich der *AU 103* (Bild 12.4) mit den Kennwerten $I_{cmax} = 10$ A, $U_{CE\,max} = 155$ V. In Bild 12.2 wurde bereits das Prinzip erläutert. Bild 12.5 zeigt den gesamten Stromlaufplan. Der Endstufentransistor T4 *(AU 103)* arbeitet in dieser Stufe als Schalter. Die Ansteuerung erfolgt über einen Transformator von der Treiberstufe. In diesem Fall liegt die Paralleldiode D1 zum Ausgleich der Verluste im Ablenkkreis nicht direkt mit den Ablenkspulen parallel, sondern sie ist über eine Wicklung des Zeilentransformators geführt. Der Vorteil dieser Schaltung – die einwandfreie Unterdrückung der Einschwingvorgänge – bleibt dadurch erhalten. Der Kondensator parallel zu D1 bestimmt die Rücklauffrequenz. Den Ablenkspulen ist ein Kondensator zur Tangenskorrektur parallelgeschaltet. Man sollte eine verlustarme Ausführung verwenden, da der Kondensator den gesamten Ablenkstrom aufnehmen muß. Außer der Hochspannung von etwa 10 kV sowie der Horizontalaustast- und -vergleichsimpulse werden der

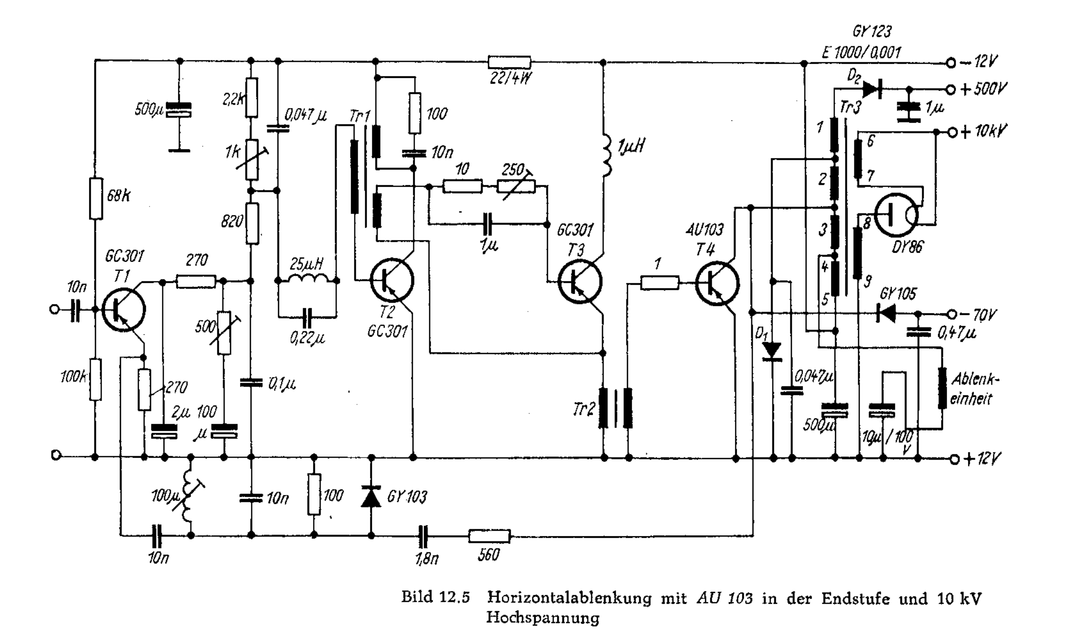


Bild 12.5 Horizontalablenkung mit *AU 103* in der Endstufe und 10 kV Hochspannung

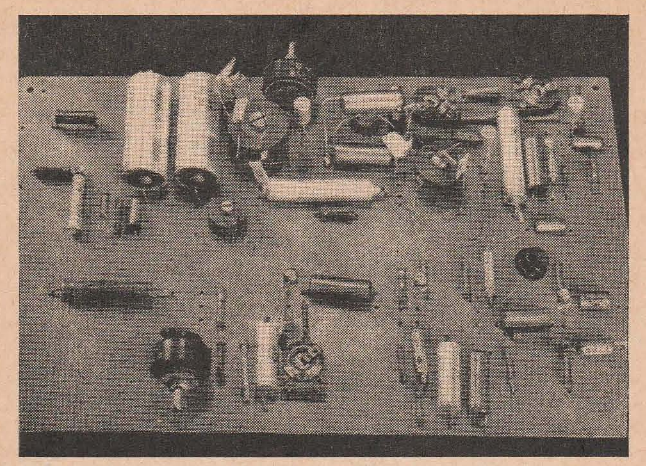


Bild 12.6 Horizontalablenkung nach Bild 12.5, in gedruckter Schaltung aufgebaut. Im Vordergrund erkennt man noch eine Videoendstufe und ein 3stufiges Amplitudensieb

Endstufe die Versorgungsspannungen für die Bildröhre entnommen.

Der Aufbau – In Bild 12.6 ist der Aufbau der Horizontalablenkung dargestellt. Der Aufbau erfolgt als gedruckte Schaltung. Gleichzeitig wurden auf die Schaltungsplatine ein Amplitudensieb und eine Videoendstufe aufgebaut. Die Spulen L1 und L2 werden auf Ferritschalenkerne gewickelt. Da die verschiedenen Kerne unterschiedliche A_L-Werte aufweisen, sind nur die Induktivitätswerte angegeben. Die Windungszahlen bestimmt man dann nach der Formel

$$\text{Wdg.} = \sqrt{\frac{L}{A_L}};$$

L in nH; $1\,\text{nH} = 10^{-9}\,\text{H}$.

Auf diese Weise ist es möglich, gerade vorhandene Ferritschalenkerne zu verwenden. Für den Oszillatortransformator Tr 1 wird ein Kern *E20* benutzt.

Spulendaten

Kollektorwicklung – 150 Wdg., 0,2-mm-CuL
Basiswicklung – 50 Wdg., 0,2-mm-CuL
Wicklung für Treiberstufe – 38 Wdg., 0,5-mm-CuL

Der Treibertransformator Tr 2 ist auf einen Kern *E30* gewickelt. Das Übersetzungsverhältnis ist 4 : 1.

Primärwicklung – 20 Wdg., 0,4-mm-CuL
Sekundärwicklung – 5 Wdg., 0,4-mm-CuL

Der Zeilentransformator Tr 3 ist auf einen U-Kern gewikkelt, für den man einen alten Zeilentransformator verwendet. Die Schwingspule sowie die Wicklungen für die einzelnen Betriebsspannungen werden selbst gewickelt. Die Hochspannungswicklung wird unverändert eingesetzt. Man wickelt in der Reihenfolge der Wicklungsangaben

1 bis 2 – 250 Wdg., 0,10-mm-CuL
2 bis 3 – 3 Wdg., 0,25-mm-CuL
3 bis 4 – 10 Wdg., 0,25-mm-CuL
4 bis 5 – 35 Wdg., 0,25-mm-CuL
6 bis 7 – 1 Wdg., 0,25-mm-CuL, Heizung DY 86
8 bis 9 – Original-Hochspannungswicklung

Für die Bildröhre *B 16 G 1* wird eine umgebaute 70°-Ablenkeinheit vom VEB *Rafena* Radeberg verwendet. Da die *B 16 G 1* elektronische Fokussierung aufweist, muß der Magnet für die magnetische Fokussierung entfernt werden. Die auf diese Weise umgebaute Ablenkeinheit eignet sich gut für die Ablenkung der *B 16 G 1.* Der Horizontalendstufentransistor wird gemeinsam mit der Diode auf ein Kühlblech unter Zwischenlage einer Glimmerscheibe montiert. Das Kühlblech ist 2 mm stark und hat die Abmessungen 80 mm × 120 mm. Es wird neben dem Zeilentransformator befestigt, damit nur kurze Verbindungsleitungen entstehen.

12.4. Leistungsfähige Horizontalablenkung

Für eine stabile Horizontalablenkung ist ein umfangreicher Aufwand notwendig. Im Phasenvergleich wurden 3

Transistoren eingesetzt, und vom Horizontaloszillator bis zur Zeilenendstufe arbeiten 4 Transistoren. Die Frequenzstabilität wurde noch durch den Einsatz von 2 Siliziumtransistoren erhöht.

12.4.1. Phasenvergleich

Die Zeilenimpulse werden über den Kondensator von 10 μF der Basis des Transistors T1 *(GC 121)* zugeführt (Bild 12.7a). Während der Impulspausen wird dieser Transistor durchgeschaltet, um eine ausreichend große Leistung zur Erzeugung des Schaltimpulses zu erhalten. Während der 2. Halbwelle des Schaltimpulses (d. h. während der 1. Halbwelle eines Ausschwingvorgangs) trennt die Diode D1 *(OA 685)* den Transistor T1 von der Spule ab und verhindert somit eine Bedämpfung durch den Widerstand von 270 Ω. Ein weiteres Durchschwingen bedämpft dieser Widerstand; denn die Diode wird leitend, und der Transistor T1 ist durchgeschaltet. Der auf diese Weise gewonnene Impuls wird herauftransformiert und der Phasenvergleichsschaltung zugeführt. Sie entspricht der in Röhrenfernsehempfängern üblichen Zeilenfangautomatik mit einem Fangbereich von $\pm$ 600 Hz. Die beiden Transistoren T2 *(SS 101)* und T3 *(GF 120)* sind in Kaskadenschaltung als Emitterfolger eingesetzt, um den hochohmigen Phasenvergleich an den niederohmigen Zeilensperrschwinger anzupassen. T2 ist ein Siliziumtransistor mit geringem Reststrom.

12.4.2. Horizontalablenkung

Der Horizontalsperrschwinger (Bild 12.7b) schwingt zwischen Basis und Kollektor des Transistors T4 *(SF 121)*. Zum Stabilisieren der Frequenz dient ein Schwungradkreis; mit Hilfe eines NTC-Widerstands wird die Schaltung temperaturstabilisiert. Die anzapfungsfreie Wicklung auf dem

a)

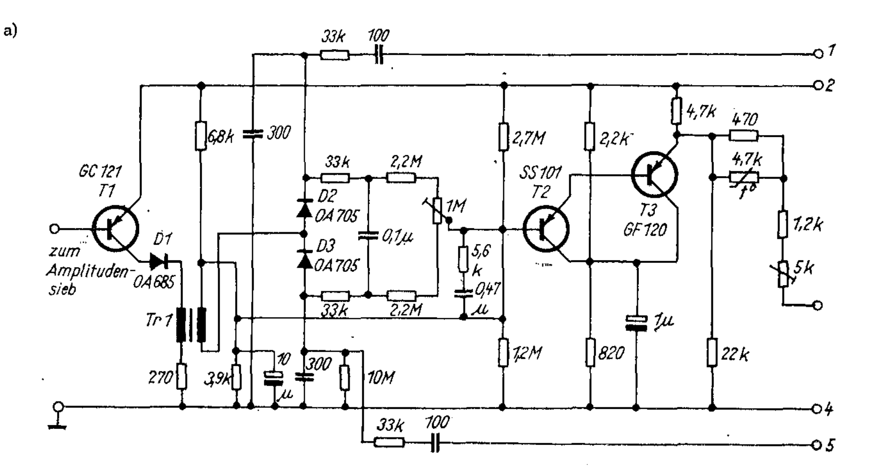
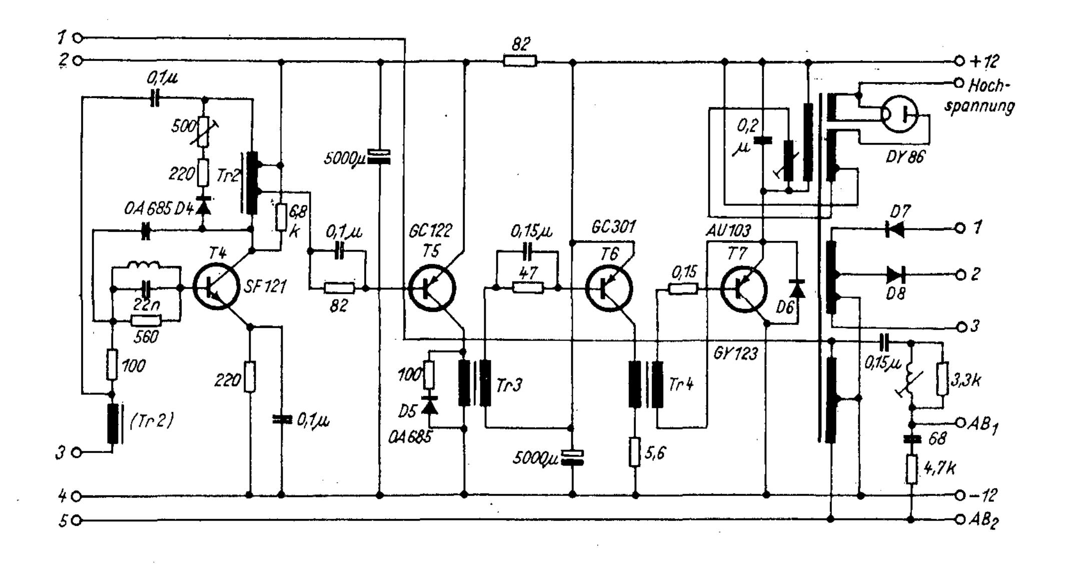


Bild 12.7 Horizontalablenkung mit Siliziumtransistor im Oszillator garantiert ausreichende Frequenzkonstanz; auch die 2 Treibertransistoren bewirken eine gute Trennung zwischen Oszillator und Endstufe

b)


1
2
3
4
5
82
+12
Hoch-
spannung
0,1μ
500
220
Tr2
0A 685 D4
6,8
k
5000μ
0,2
μ
DY 86
D7
D8
D6
GC 122
T5
0,15μ
47
GC 301
T6
AU 103
T7
0,15
T4
SF 121
22n
560
0,1μ
82
100
220
0,1μ
(Tr 2)
100
D5
0A 685
Tr3
5000μ
Tr 4
5,6
GY 123
0,15μ
3,3k
AB1
68
4,7k
-12
AB2

Sperrschwingerimpulsübertrager Tr 2 hält durch Kompensation den Sperrschwingerimpuls vom NTC-Widerstand und vom Transistor T3 *(GF 120)* fern. Der Regler von 500 Ω – parallel zu Tr 2 – dient zum Einstellen der Zeilenimpulsbreite auf 16 μs, und die in Serie liegende Diode D4 verhindert unzulässig hohe Spannungsspitzen. Die Transistoren T5 *(GC 122)* und T6 *(GC 301)* erzeugen die zum Schalten des Endstufentransistors T7 *(AU 103)* erforderliche Steuerleistung und bewirken eine gute Abtrennung des Zeilenoszillators von der Endstufe. Die Zeilenendstufe arbeitet in Stromrückgewinnungsschaltung. In der zweiten Hälfte der Zeilenperiode ist der Endstufentransistor durchgeschaltet; damit wird die Batteriespannung an die Wicklung des Zeilentransformators gelegt. Nach Abschalten des Basisstroms entsteht eine Rücklaufspannung, die – durch 0 gehend – die Stromrückgewinnungsdiode öffnet. Die Rücklieferung der gespeicherten Energie über Diode D6 *(GY 123)* und Zeilentransformatorwicklung an die Batterie beginnt. Damit wird die Leistung für den ersten Teil des Hinlaufs aufgebracht.

12.4.3. Verwendete Spezialbauteile

Die Transistoren T1 bis T6 sind handelsüblich, nur der Transistor *AU 103* dürfte nicht immer zur Verfügung stehen. Da dieser Typ aber im *K 67* verwendet wird, läßt sich meist ein entsprechender Austauschtyp beschaffen. Als Austauschtransistor kann man vor allem den sowjetischen Typ *KT 802 A* verwenden. Dieser Transistor wird speziell für Zeilenendstufen gefertigt. Als Stromrückgewinnungsdiode D6 wurde die Germaniumdiode *GY 123* eingesetzt. Diese Diode hat jedoch große Abmessungen. Mit der Diode *OA 31* kann man einen günstigeren Aufbau erreichen. Noch platzsparender läßt sich die *BY 118* einsetzen; diese Diode ist in ein Transistorgehäuse eingebaut, das etwa die Größe des Leistungstransistors *GD 100* hat. Bild 12.8 zeigt die 3 Dioden im Größenvergleich.

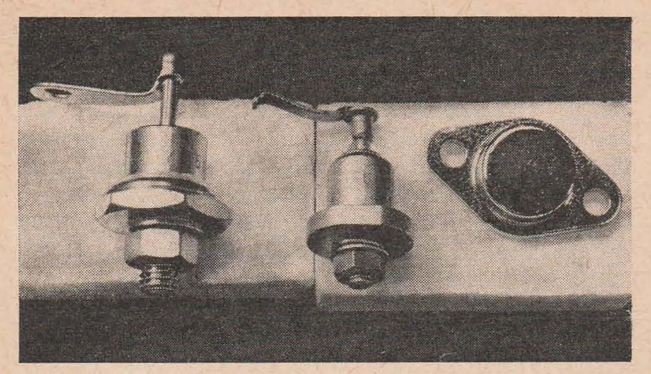


Bild 12.8 3 Dioden (*GY 125, OA 31* und *BY 118*) zur Stromrückgewinnung

Der Aufbau – Das Bild 12.9 zeigt den Aufbau der Horizontalablenkung vom Phasenvergleich bis zum Treiber. Die Spulen und Impulstransformatoren sind selbst angefertigt. Man kann für die Transformatoren Tr 1 bis Tr 5 Ferritschalenkerne verwenden. Es werden nur die Induktivitäten angegeben; die Windungszahlen für die vorhandenen Schalenkerne errechnet man dann nach der Formel

$$\text{Wdg.} = \sqrt{\frac{L}{A_L}};$$

L in nH.

Spulendaten

Tr 1 – L1 – 1,2 mH; 0,12-mm-CuL
L2 – 6,5 mH; 0,12-mm-CuL

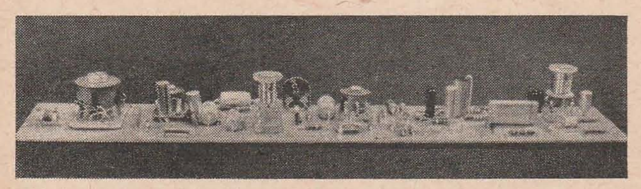


Bild 12.9 Horizontalablenkung nach Bild 12.7, vom Phasenvergleich bis zum Treiber in gedruckter Schaltung

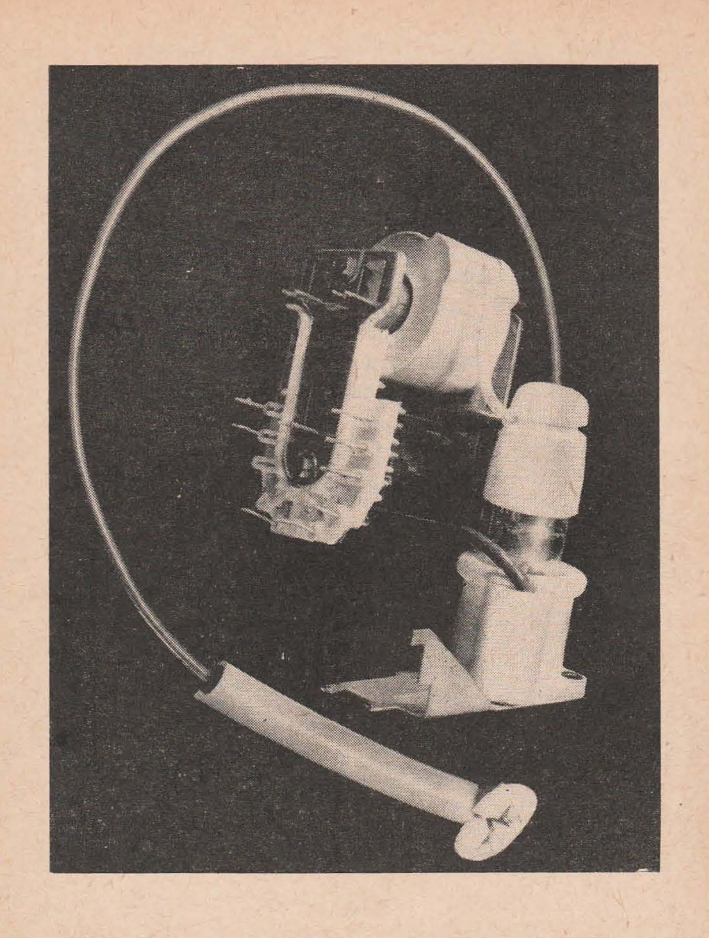


Bild 12.10 Zeilentransformator für Horizontalendstufen mit dem *AU 103*; er ist dem Zeilentransformator des *K 67* ähnlich

Tr 2 L3 – 3,5 mH; 0,15-mm-CuL,
mit veränderlichem Luftspalt
Tr 3 L4 – 1 mH; 0,15-mm-CuL
L5 – 21 mH; 0,15-mm-CuL,
Anzapfung bei 1 mH und 10 mH
Tr 4 L6 – 4,4 mH; 0,2-mm-CuL
L7 – 200 μH; 0,3-mm-CuL
Tr 5 L8 – 2,2 mH; 0,3-mm-CuL
L9 – 100 μH; 0,3-mm-CuL

Bild 12.10 zeigt den verwendeten Zeilentransformator, er entspricht dem Zeilentransformator aus dem *K 67* vom VEB *Fernsehgerätewerke* Staßfurt.

13. Stromversorgung

Transistorfernsehgeräte können aus einem entsprechenden Akkumulator oder aus einem elektronisch stabilisierten Netzteil mit der notwendigen Betriebsspannung versorgt werden.
Der beschriebene Fernsehempfänger ist für eine Betriebsspannung von 12 V ausgelegt. Zur Speisung kann man einen 12-V-Akku verwenden. Es lassen sich auch entsprechende Auto-Akkumulatoren und vergleichbare Ausführungen einsetzen.
Soll der Akku im Gerät mit untergebracht werden, so muß er klein und leicht ausgeführt sein. Die Kapazität des Akkumulators bestimmt die Betriebsdauer des Geräts. Die Stromaufnahme eines Transistorfernsehempfängers beträgt etwa 1000 bis 1200 mA. Besser und zuverlässiger ist der Betrieb aus dem Lichtnetz. Für diese Betriebsart werden im folgenden einige Netzteile in Aufbau und Wirkung behandelt.

13.1. Netzteil mit 3 Transistoren

Den Stromlaufplan zeigt Bild 13.1. Der Transistor T1 ist der eigentliche Regeltransistor. Er liegt mit dem Kollektor am Minuspol der zu regelnden Eingangsspannung. Der Transistor T2 wirkt als 1. Verstärkertransistor. Der Emitter von T2 ist mit der Basis von T1 und die Basis von T2 mit dem Kollektor von T3 (dem 2. Verstärkungstransistor) verbunden. Die Basis von T3 schaltet man an einen Spannungsteiler, der einen Teil der Ausgangsspannung liefert. Die Emitterspannung von T3 liegt an einem Spannungsteiler, bei dem ein Teil der Ausgangsspannung abgenommen und gleichzeitig über die Z-Diode *OA 250/6* stabilisiert wird. Diese Spannung benutzt man als Vergleichsspannung für die Regelschaltung.

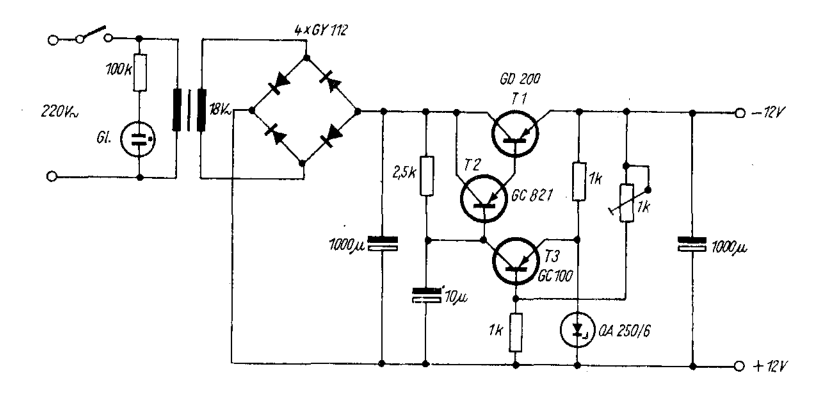


Bild 13.1 Netzteil, hochstabilisiert, für 12 V und etwa 1,2 A

Die Wirkungsweise – Steigt die Eingangsspannung, dann fließt zunächst ein höherer Strom durch T1. Nun wird aber, bedingt durch die erhöhte Ausgangsspannung, die Basis von T3 negativer. Daher erhöhen sich Emitter- und Kollektorstrom von T3. Auf Grund des Spannungsabfalls am 2,5-kΩ-Widerstand wird die Basis von T2 wieder etwas positiver. Dadurch geht auch der Kollektorstrom von T2 zurück. Deshalb wird die Basis von T1 wieder positiver. Der Strom von T1 verringert sich dann so, daß das Gleichgewicht des Regelkreises wieder hergestellt ist. Die wirksame Stabilisierung dieser Schaltung ergibt sich, da die Regelspannung mit 2 Transistoren T2 und T3 verstärkt wird. T1 muß ein Leistungstransistor sein; in dieser Schaltung wurde ein Importtransistor *OC 26* verwendet. Besonders eignen sich auch die Leistungstransistoren *GD 200, GD 210* und *GD 220.* Diese Transistoren sind direkt für Regelzwecke vorgesehen und weisen eine Verlustleistung von 15 W auf. Weiterhin läßt sich der *Tungsram*-Transistor *OC 1016* verwenden, der eine Verlustleistung von 12,5 W hat.

T2 ist ein *GC 121,* noch besser läßt sich der *GC 301* einsetzen; für T3 verwendet man einen *GC 100* mit hoher Stromverstärkung. Mit dem veränderlichen Widerstand von 1 kΩ im Basisspannungsteiler von T3 kann die genaue Ausgangsspannung von 12 V eingestellt werden.

Der Aufbau – Der Netzteil wurde auf ein Aluchassis aufgebaut. Die Elektrolytkondensatoren sind isoliert auf dem Chassis zu befestigen, da die Schaltung mit dem Pluspol an Masse liegt. Durch den isolierten Aufbau ist es möglich, den Regeltransistor *OC 26* direkt auf das Chassis zu montieren, wodurch sich die Kühlwirkung für den Transistor beträchtlich erhöht. Der Netztransformator wird nicht auf dem Chassis befestigt; er befindet sich direkt auf der Grundplatte des Fernsehempfängers. Die Grundplatte besteht aus 6 mm *Pertinax.* Der Netztransformator

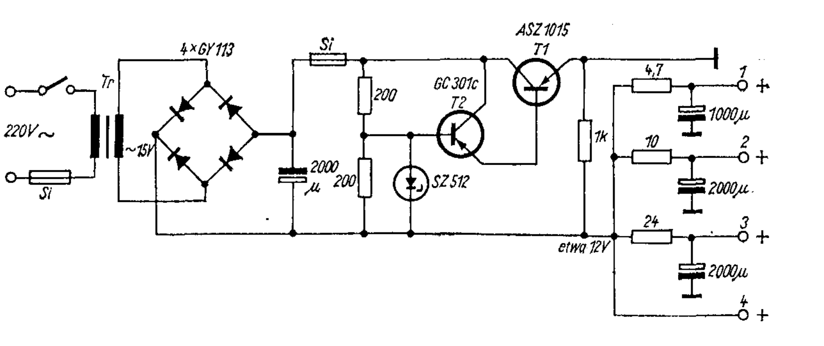


Bild 13.2 Mit dem 30-W-Transistor *ASZ 1015* als Regeltransistor im Netzteil wird eine konstante Stromversorgung der Transistorstufen im Fernsehgerät erreicht

ist für eine Sekundärspannung von 15 V und für eine Belastung von 2 A ausgelegt. Man benutzt den Kern M74.
Spulendaten
Primär 1130 Wdg., 0,30-mm-CuL – 220 V
Sekundär 85 Wdg., 0,90-mm-CuL – 15 V/2 A

13.2. Netzteil mit 2 Transistoren

Der Stromlaufplan in Bild 13.2 zeigt ein 2stufiges Stromversorgungsgerät. Als Regeltransistor T1 wird ein 30-W-Transistor *ASZ 1015* verwendet. Das ist der Austauschtyp für den Transistor *GD 220.* Für den Verstärkertransistor T2 wird ein *GC 301* eingesetzt. Der Regelvorgang entspricht im Prinzip dem unter 13.1. beschriebenen. Die Ausgangsspannungen betragen 12 V. Um Aufbau- bzw. Kühlungsschwierigkeiten zu umgehen, wird der Minusausgang geerdet, d. h. mit Masse verbunden. Die positiven Betriebsspannungen werden über 3 Widerstände und durch die Elektrolytkondensatoren von 500 bis 2000 μF gesiebt.
Der Aufbau – Der Netzteil ist in gedruckter Schaltung aufgebaut. Bild 13.3 zeigt den Aufbau.
Der Leistungstransistor T1 ist auf einer Kühlfläche von 6 cm × 6 cm befestigt.

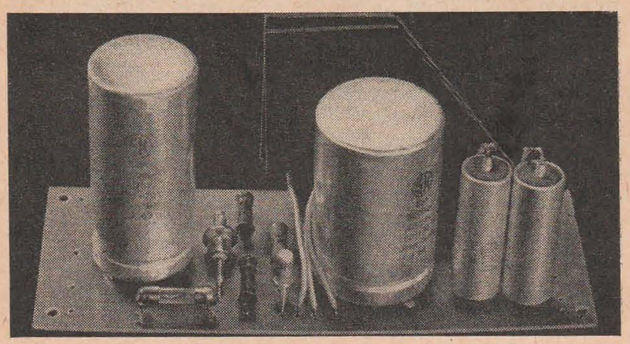


Bild 13.3 Der Aufbau des Netzteils nach Bild 13.2; der *ASZ 1015* ist auf das Kühlblech hinter dem Elektrolytkondensator montiert

14. Gesamtaufbau

Der prinzipielle Aufbau wurde bereits in Bild 1.1 dargestellt. An Hand dieses Bildes lassen sich die beschriebenen Baugruppen je nach vorhandenem Material zusammensetzen. Bevor man eine transistorisierte Baugruppe endgültig in gedruckter Schaltung aufbaut, ist eine Versuchsschaltung zu empfehlen. Bild 14.1 zeigt den Versuchsaufbau der Horizontalablenkung nach Bild 12.5. Bei der Planung des Aufbaus muß man von der vorhandenen Bildröhre ausgehen. Es ist aber besonders darauf zu achten, daß die hochfrequenztechnischen Bedingungen der Leistungsführung erfüllt sind.

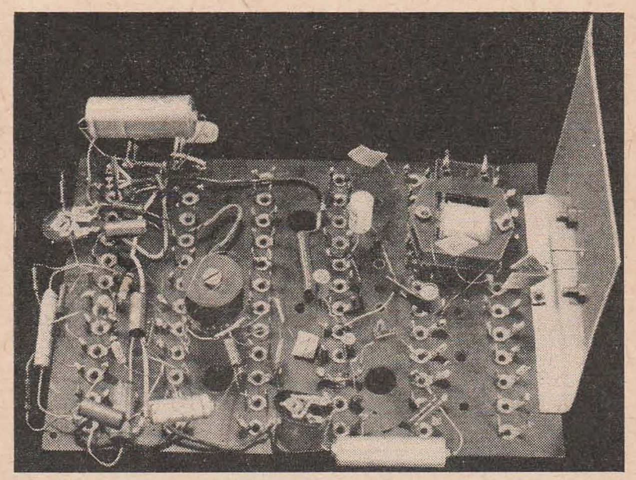


Bild 14.1 Versuchsaufbau der Horizontalablenkung nach Bild 12.5; nach dieser Methode werden beim Verfasser Transistorschaltungen auf ihre Funktionstüchtigkeit erprobt

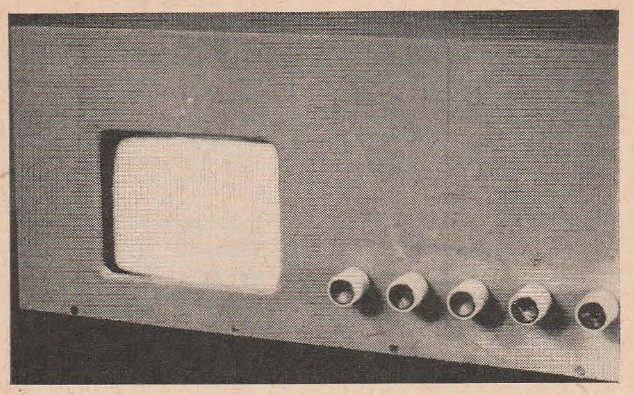


Bild 14.2 Ansicht des transistorisierten Fernsehempfängers

14.1. Anfertigung der gedruckten Schaltung

Zur Herstellung der gedruckten Schaltung wurde ein Verfahren benutzt (8), das man „gezeichnete" Schaltung nennen kann. Den Entwurf zeichnet man auf Millimeterpapier, damit sämtliche Bauteile den richtigen Platz erhalten und die entsprechenden Löcher angekörnt werden können. Anschließend bohrt man alle Löcher, die einen Durchmesser von 1,5 mm aufweisen müssen. Nach einer gründlichen Säuberung der Kupferseite kann man die Leitungsführung mit Lackfarbe auf die Kupferseite zeichnen. Zum Zeichnen wird eine Röhrchenfeder von etwa 0,7 bis 1 mm Durchmesser verwendet. Wenn der Lack getrocknet ist, kann man die Platte mit Eisen-(III)-Chlorid-Lösung ätzen. Eine richtige Konzentration der Lösung erhält man, wenn 200 p $FeCl_3$ in 0,5 l Wasser unter ständigem Rühren aufgelöst werden. Die Badtemperatur sollte etwa 35 bis 40 °C betragen. Unter diesen Bedingungen beträgt die Ätzdauer 10 bis 15 min. Anschließend muß die Platte mehrmals gut gespült und der Lack von den Kupferbahnen entfernt werden.

Damit ist die Platte fertig und kann mit den Bauelementen bestückt werden.

14.2. Hinweise auf besondere Fehlerquellen beim Aufbau von HF-Stufen

Beim Aufbau eines VHF-Tuners können die nachstehend beschriebenen Fehler auftreten. Wenn der Emitterwiderstand des Vorstufentransistors zu hoch ist, stellt sich eine zu hohe Emittervorspannung ein. Die dadurch eintretende Arbeitspunktverlagerung der Vorstufe ergibt eine starke Rauschzunahme. Ist der Wert des Widerstands zu klein, so hat das eine zu geringe Emittervorspannung zur Folge; damit besteht für den Transistor Überlastungsgefahr (vor allem bei Schaltungen mit Abwärtsregelung). Bei Änderungen am Basisspannungsteiler läßt sich unter Umständen der Arbeitspunkt des Transistors nicht mehr einstellen. Bei Widerstandsänderungen am Basisspannungsteiler der Mischstufe verlagert sich der Arbeitspunkt, und die Mischverstärkung wird zu gering.
Bei zu hoher Emittervorspannung des Oszillators ergibt sich eine zu niedrige Schwingamplitude. Ebenso verhält es sich beim Basisspannungsteiler; starke Abweichungen bewirken einen Rückgang der Schwingamplitude. Bei den Kondensatoren, die als Kreiskapazität eingesetzt sind, ist der angegebene Wert unbedingt einzuhalten, da man sonst mit größeren Schwierigkeiten beim Abgleich rechnen muß. Der Koppelkondensator, der die Oszillatoramplitude in den Mischkreis einkoppelt, wird experimentell ermittelt. Auch der Wert des Rückkoppelkondensators des Oszillators ist genau einzuhalten bzw. zu erproben; bei zu großem Wert besteht die Gefahr des Überschwingens, bei zu kleinem Wert arbeitet der Oszillator unstabil.
Beim Aufbau des Bild-ZF-Verstärkers können die nachfolgend beschriebenen Fehler auftreten. Bei Erhöhung oder Verminderung eines Widerstands im Bild-ZF-Verstärker verschiebt sich in fast allen Fällen die ZF-Durchlaß-

kurve. Ändert sich der Wert des Basisspannungsteilers vom 1. ZF-Transistor, so verändert sich die Regelung des Verstärkers. Es kann auch eine Übersteuerung des letzten ZF-Transistors auftreten; für den 1. ZF-Transistor besteht Überlastungsgefahr. Wird ein Neutralisationsglied verändert, so kann sich neben der Verschiebung der Durchlaßkurve noch eine Schwingneigung ergeben. Defekte an den Widerständen der Emitter- und Basiskreise der 2. sowie der 4. ZF-Stufe bringen einen Empfindlichkeitsverlust für den Verstärker.

Der Arbeitswiderstand des Demodulators soll zwischen etwa 1,8 bis 3 kΩ liegen. Ist der Wert zu groß, so werden die hohen Frequenzen im Videosignal benachteiligt; bei zu kleinem Wert ergibt sich für den Demodulator ein zu geringer Wirkungsgrad.

Die Kondensatoren im ZF-Verstärker sollen ihren vorgeschriebenen Wert haben, besonders aber die Kreiskapazitäten. Ist der Wert eines Emitterkondensators zu klein, so muß man mit einem Empfindlichkeitsverlust rechnen.

15. Abgleich

Von der Einstellung der hochfrequenten Übertragungsglieder und der Ablenkteile hängen die Übertragungsgüte eines Fernsehempfängers und damit seine Bildqualität ab. Da die in dieser Broschüre beschriebenen HF-Teile nur als Vorschläge zu betrachten sind, wird im folgenden nur eine allgemeine Abgleichanweisung gegeben. Wer Originalteile eines Industriegeräts einsetzt, z. B. den ZF-Verstärker vom *Staßfurt K 67*, der muß auch die Abgleichanweisung für dieses Gerät benutzen. Besonders dem weniger erfahrenen Amateur sei geraten, Originalbauteile zu verwenden.

15.1. Abgleich von ZF-Verstärkern mit versetzten Einzelkreisen und versetzt abgestimmten Bandfiltern

ZF-Verstärker mit in ihren Resonanzfrequenzen versetzten Einzelkreisen oder Bandfiltern können mit einem die Fernsehempfängerzwischenfrequenzen umfassenden Prüf- oder Meßsender (z. B. Typ *PG 2*) und einem Röhrenvoltmeter abgeglichen werden. Der Meßsender wird in den Basisraum des Mischtransistors eingekoppelt, dabei setzt man den Oszillator am besten außer Betrieb. Das Röhrenvoltmeter schaltet man über ein HF-Siebglied von 47 kΩ/1 nF an den Arbeitswiderstand hinter der Videodiode. Man lötet die Regelspannungszuführung des Regeltransistors im ZF-Verstärker ab und ersetzt die Regelspannung durch eine feste Vorspannung, die einer Batterie oder einem kleinen Netzgerät entnommen wird. Nun können die einzelnen Kreise auf Maximal- oder Minimalausschlag des auf den 3-V-Bereich eingestellten Röhrenvoltmeters abgestimmt werden. Einen 3stufigen ZF-Ver-

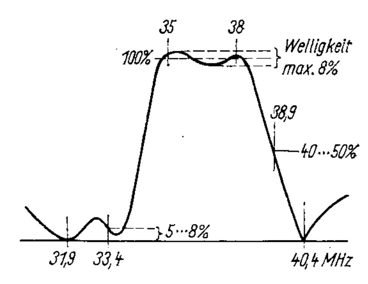


Bild 15.1 Soll-ZF-Durchlaßkurve eines Bild-ZF-Verstärkers

stärker mit versetzten Einzelkreisen (Bild-ZF = 38,9 MHz) stimmt man wie folgt ab:
Nach ausreichender Einlaufzeit aller Geräte wird der Kollektorkreis der 3. ZF-Stufe bei einer Frequenz von 37,6 MHz auf Maximalausschlag des Röhrenvoltmeters eingestellt. Die Ausgangsspannung des Meßsenders ist so nachzustellen, daß stets im 3-V-Meßbereich des Röhrenvoltmeters gearbeitet werden kann. Der 2. Kollektorkreis wird bei 38,5 MHz und der Kollektorkreis des 1. ZF-Transistors bei 35,5 MHz auf Maximum eingestellt. Die vorhandenen Fallen sind beim Nachbarkanal auf 40,4 MHz, der Nachbarkanalbildträger bei 31,9 MHz und der vor der Basis des 1. ZF-Transistors liegende Saugkreis bei 33,4 MHz (Ton-ZF) auf Minimum abzugleichen. Schließlich wird der Auskoppelkreis des VHF-Tuners (vielfach ein Filter) bei 36,2 MHz auf Maximum abgestimmt. Wenn man diesen Vorgang mehrmals wiederholt hat, ist der Abgleich beendet. Bild 15.1 zeigt die Soll-ZF-Durchlaßkurve. Bei diesem Abgleich wird mit dem Kollektorkreis der 1. ZF-Stufe im wesentlichen der Eckpunkt 35 MHz in der Durchlaßkurve (Bild 15.1) bestimmt. Mit dem Kollektorkreis der 2. ZF-Stufe ergibt sich der Eckpunkt 38 MHz, während die Frequenz des Bildträgers auf der *Nyquist*-Flanke liegt. Der Auskoppelkreis des VHF-Tuners und der Kollektorkreis der 3. ZF-Stufe beeinflussen die Dachneigung der Durchlaßkurve.

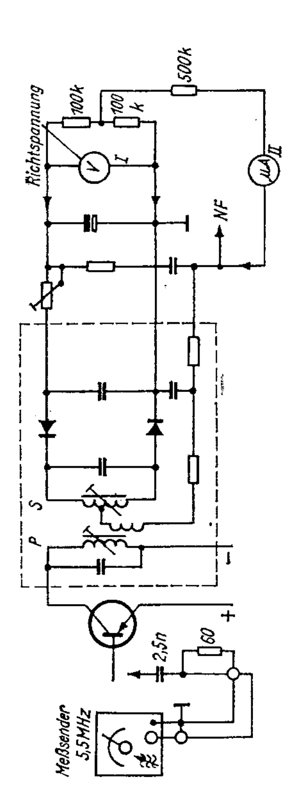


Bild 15.2 Anschlußschema der 2 Meßinstrumente zum Abgleich des Ratiodetektors; der Meßsender wird an der Basis des Ton-ZF-Transistors angeschlossen

15.2. Abgleich des Videoverstärkers

Beim Videoverstärker sind nur die Entzerrungsdrosseln genau auf ihre Induktivität abzugleichen, und für die Transistorstufen ist der Arbeitspunkt einzustellen. Bei einwandfreier ZF-Kurve dürfen die vertikalen Linien im Testbild nicht „verwaschen" sein. Ein vorhandener 5,5-MHz-Saugkreis muß auf geringste Tonstörungen im Bild abgeglichen werden.

15.3. Abgleich des Ton-ZF-Verstärkers

Die Ton-ZF-Verstärker von Fernsehempfängern können im allgemeinen wie die Zwischenfrequenzteile von UKW-Rundfunkempfängern abgeglichen werden. Die Zwischenfrequenz beträgt beim Intercarrierbetrieb 5,5 MHz.

15.3.1. Ratiodetektor

Der Ratiodetektor wird wie folgt abgeglichen: Der Meßsender wird auf AM mit Modulation (800 bis 1000 Hz) eingestellt und über ein abgeschlossenes Kabel sowie über einen Trennkondensator (2,5 nF) an die Basis des Videovorstufentransistors gelegt. An den Ratiodetektor werden entsprechend Bild 15.2 2 Meßinstrumente angeschlossen. Das Mikroamperemeter dient zum Nullpunktabgleich. Das 2. Instrument ist hochohmig und soll die Richtspannung parallel zum Ladeelektrolytkondensator anzeigen. Die Ausgangsspannung am Meßsender stellt man so ein, daß Meßinstrument I eine Gleichspannung von etwa 8 V anzeigt. Nun dreht man den Kern der Sekundärspule des Ratiofilters heraus und stellt den Kern der Primärspule so ein, daß das Meßinstrument I ein Maximum anzeigt. Dabei regelt man die Ausgangsspannung des Meßsenders jeweils nach, so daß der Spannungswert am Instrument I von 8 V konstantbleibt. Dann wird der Kern wieder in

die Sekundärspule hineingedreht, bis das Meßinstrument II exakt den Nulldurchgang bei 5,5 MHz anzeigt. Wenn kein Meßinstrument II mit Nullpunkt in der Skalenmitte zur Verfügung steht, versieht man das Meßinstrument II mit einem Umpolschalter. Auch jetzt ist zu beachten, daß sich die Spannung I von 8 V nicht verändert; bei Spannungsänderung muß man den Meßsender nachregeln. Der Abgleich der Primär- und der Sekundärquelle wird wechselseitig wiederholt, bis keine Differenzen in den Meßwerten beider Instrumente mehr bestehen.

15.3.2. DF-Verstärker

Meßsender und Meßinstrumente bleiben in dem angegebenen Schema angeschlossen. Das Bandfilter zwischen dem ersten und dem zweiten DF-Transistor wird wie folgt abgeglichen:
Der Sekundärkreis wird durch Herausdrehen des Abgleichkerns verstimmt. Die Primärseite stellt man auf maximale Spannung am Meßinstrument I ein. Der Meßsender wird wieder so nachgeregelt, daß die Spannung von 8 V konstantbleibt. Parallel zum Primärkern legt man einen Kondensator von etwa 50 pF und stimmt den Sekundärkreis unter gleichen Bedingungen ab.

15.3.3. DF-Auskoppelfilter

Bei Schaltungen, in denen die DF-Auskopplung vom Videogleichrichter mit Einzelkreis erfolgt, stellt man diesen auf maximale Spannung am Meßinstrument I ein. Den Meßsender regelt man wieder so nach, daß am Meßinstrument I eine konstante Spannung von 8 V angezeigt wird. Bei Schaltungen, in denen die DF-Auskopplung vom Videogleichrichter mit Bandfilter erfolgt, verstimmt man die Sekundärspule durch Herausdrehen des Abgleichkerns. Die Primärspule wird wie ein Einzelkreis abge-

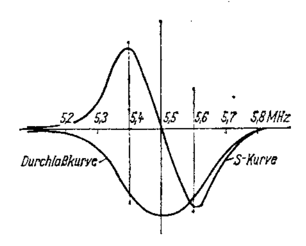


Bild 15.3 Durchlaßkurve sowie Diskriminatorkurve eines mit einem Wobbelgenerator eingestellten Ton-ZF-Verstärkers

glichen. Dann schaltet man parallel zum Primärkreis einen Kondensator von etwa 50 pF und stimmt den Sekundärkreis unter gleichen Bedingungen ab. Danach wird der Kondensator vom Primärkreis entfernt. In Bild 15.3 sind die Durchlaßkurve sowie die Diskriminatorkurve („S-Kurve") dargestellt.

15.4. Abgleich des VHF-Tuners

Die einfach aufgebauten VHF-Tuner (meist nur für einen Kanal ausgelegt) lassen sich, wenn ein Meßsender vorhanden ist, leicht einstellen. Zuerst muß man sich überzeugen, ob der Oszillator schwingt. Das läßt sich mit einem HF-Tastkopf an der Oszillatorspule kontrollieren; es wird dann die Schwingamplitude angezeigt. Schwingt der Oszillator, so klemmt man die Speisespannung der HF-Vorstufe ab und speist am Kollektor von T1 niederohmig eine höhere Spannung mit einer Frequenz $f_{Empf.}$ (Frequenz des Empfangskanals) ein. Nun wird der Oszillator eingestellt. Seine Frequenz ergibt sich aus $f_{Empf.} + f_{ZF}$ (Zwischenfrequenz), d. h., die Oszillatorfrequenz ist stets höher als die Empfangsfrequenz. Das ist erforderlich, damit Bild- und Tonträger in der richtigen Lage im ZF-Verstärker erscheinen. Aus Tabelle 15.1. sind die Kanalfrequenzen sowie die Oszillatorfrequenz bei einer ZF von 38,9 MHz zu ersehen.

Tabelle 15.1. Kanal- und Oszillatorfrequenzen

	Kanal	Frequenz in MHz	Bildträger in MHz	Tonträger in MHz	Oszillator-frequenz ZF = 38,9 MHz
Band I	2	47 ... 54	48,25	53,75	87,15
	3	54 ... 61	55,25	60,75	94,15
	4	61 ... 68	62,25	67,75	101,15
Band III	5	174 ... 181	175,25	180,75	214,15
	6	181 ... 188	182,25	187,75	221,15
	7	188 ... 195	189,25	194,75	228,15
	8	195 ... 202	196.25	201,75	235,15
	9	202 ... 209	203,25	208,75	242,15
	10	209 ... 216	210,25	215,75	249,15
	11	216 ... 223	217,25	222,75	256,15
	12	223 ... 230	224,25	229,75	263,15

Nun koppelt man die Frequenz $f_{Empf.}$ mit Hilfe einer Koppelschleife in den Zwischenkreis bzw. Bandfilterkreis lose ein und bringt diesen auf Resonanz. Danach wird die Vorstufe in Betrieb genommen. Man speist die Empfangsfrequenz an den Antennenbuchsen ein und stimmt auch den breiten Eingangskreis auf Kanalmitte ab. Ein vorhandener ZF-Saugkreis muß auf minimalen Anschlag – bei über die Antennenbuchsen eingespeistem ZF-Signal – eingestellt werden.

Genauer und zuverlässiger läßt sich der gesamte HF-Abgleich mit einem Wobbelgenerator mit Oszillograf durchführen; man sollte deshalb entsprechende Möglichkeiten (z. B. in Klubstationen der GST) nutzen.

Inhaltsverzeichnis

Vorwort 5
Literaturhinweise 6
1. Allgemeines 7
1.1. Prinzipschaltung eines transistorisierten Fernsehgeräts 8
1.2. Notwendige Meßgeräte 9
1.3. Arbeitspunkteinstellung bei Transistorstufen 10
2. VHF-Kanalwähler 11
2.1. Kanalwähler mit 2 Transistoren 12
2.2. VHF-Kanalwähler mit *GF 146* 14
2.3. Kanalwähler mit UKW-Transistoren 17
2.4. Kanalwähler mit Abstimmdioden 19
3. UHF-Konverter 23
3.1. Transistoren für UHF 23
3.2. UHF-Konverterschaltung 23
4. Bild-ZF-Verstärker 28
4.1. Bild-ZF-Verstärker mit 3 Transistoren 30
4.2. Bild-ZF-Verstärker mit 3 Transistoren *AF 121* 31
4.3. Bild-ZF-Verstärker mit 4 Transistoren *GF 128* 33
4.4. Bild-ZF-Verstärker für höhere Ansprüche 38
5. Videoendstufen 41
5.1. Transistoren für die Videoendstufe 41
5.2. Videoendstufe mit 2 Transistoren *SF 123* 43
5.3. Videoendstufe mit dem Transistor *SF 128* .. 46
5.4. Videoendstufe mit dem Transistor *AF 118* .. 47
6. Bildröhren 48
6.1. Strahlerzeugungssystem 48
6.2. Bildröhre *B 16 G 1* 49
6.3. Bildröhre *A 28 – 13 W* und *280 QQ 44* 50
6.4. Speisung der Bildröhren 52
7. Ton-ZF-Verstärker 53
.71. Transistor-Ton-ZF-Verstärker in Basisschaltung 53
7.2. 2stufiger Ton-ZF-Verstärker in Basisschaltung 55

7.3. 2stufiger Ton-ZF-Verstärker in Emitterschaltung 55
7.4. Tonteil mit 2 Transistoren *GF 130* 59
8. NF-Verstärker 61
8.1. NF-Verstärker mit 2 Transistoren *GD 110* .. 61
8.2. Eisenloser NF-Verstärker mit Komplementärendstufe 63
8.3. Direktgekoppelter NF-Verstärker 65
9. Amplitudensieb 68
9.1. Amplitudensieb mit npn-Transistor 68
9.2. 3stufiges Amplitudensieb 69
10. Regelspannungserzeugung 72
10.1. Abwärts- und Aufwärtsregelung 72
10.2. Regelprinzip 73
10.3. Verstärkungsregelung mit 2 Transistoren *GC 116* 75
11. Vertikalablenkung 78
11.1. Vertikalablenkung mit 3 Transistoren 78
11.2. Vertikalablenkung mit eisenloser Endstufe .. 79
12. Horizontalablenkung 85
12.1. Transistoren für die Horizontalablenkung .. 86
12.2. Horizontalablenkung mit *ASZ 1015* *(П 210)* 88
12.3. Horizontalablenkung mit *AU 103* 90
12.4. Leistungsfähige Horizontalablenkung 95
13. Stromversorgung 103
13.1. Netzteil mit 3 Transistoren 103
13.2. Netzteil mit 2 Transistoren 107
14. Gesamtaufbau 108
14.1. Anfertigung der gedruckten Schaltung 109
14.2. Hinweise auf besondere Fehlerquellen beim Aufbau von HF-Stufen 110
15. Abgleich 112
15.1. Abgleich von ZF-Verstärkern mit versetzten Einzelkreisen und versetzt abgestimmten Bandfiltern 112
15.2. Abgleich des Videoverstärkers 115
15.3. Abgleich des Ton-ZF-Verstärkers 115
15.4. Abgleich des VHF-Tuners 117

98

